

Aus dem neurochirurgischen Zentrum Marburg/Wehrda unter Dr. Heiko Mewes,
Dr. Carsten Busch et al. in Zusammenarbeit mit der Klinik für orthopädische
Chirurgie Rheinfelden, Baden, Leiter: Prof. Dr. Stefan Endres und des
Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

Titel der Dissertation:

**Monosegmentale, degenerativ erworbene Spinalkanalstenose: Unilaterale
Dekompression versus unilaterale Dekompression mit Undercutting der
Gegenseite bei beidseitiger Symptomatik**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Lea Sibylle Waldron (geb. Pausch) aus Marburg

Marburg, 2016

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:
18.01.2017

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. Helmut Schäfer

Referent: Prof. Dr. Stefan Endres

1. Korreferent: PD. Dr.med. Ludwig Benes

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
Einführung	5
Die lumbale Spinalkanalstenose	12
Epidemiologie	12
Pathogenese und Ätiologie	12
Klinik	18
Diagnostik	20
Therapie	24
Zielsetzung	32
Fragestellungen	33
Methoden	34
Ablauf der Studie	34
Einschlusskriterien/ Ausschlusskriterien	35
Fragebogen	36
Soziodemographische Parameter	36
Oswestry Disability Score	37
Visuelle Analog Skala	38
Roland Morris Score	39
Schmerzfreie Gehstrecke	39
ASA-Klassifizierung	40
Zufriedenheit	40
Statistische Auswertung	40
Standards und Durchführung	42
Ergebnisse	43
Patientenkollektiv	43
Nachuntersuchungszeitraum	44
Patientencharakteristika	45
Krankheitsbezogene Parameter	49
Therapiebezogene Parameter	49
Vergleich von prä- und postoperativer Funktion und Schmerz	53
Kann man den Erfolg mittels eines Gesamtscores nachvollziehen?	59
Sind Patienten mit degenerativer Spinalkanalstenose mit dieser Operationstechnik zufrieden?	60
Diskussion	62
Vergleich von der unilateralen Laminotomie mit Undercutting und unilateralen Laminotomie bezüglich Verbesserung von Funktionalität und Schmerzen	64
Kann man den Erfolg mittels eines Gesamtscores nachvollziehen?	66
Sind Patienten mit degenerativer Spinalkanalstenose mit den Operationstechniken zufrieden?	67
Welchen Stellenwert hat die Laminotomie mit Undercutting im Vergleich mit anderen Operationsmethoden im Rahmen einer lumbalen Spinalkanalstenose in der Literatur?	69
Einschränkungen der Studie	74
Literaturverzeichnis	76

Anhang	93
Abbildungsverzeichnis	93
Graphikverzeichnis	93
Tabellenverzeichnis	94
Abkürzungsverzeichnis	94
WHO 3- Stufen- Schema	95
ODS	97
RMS.....	99
Verzeichnis der akademischen Lehrer.....	101
Danksagung	101

Einleitung

Einführung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der degenerativen lumbalen Spinalkanalstenose (LSS), einem seit mehr als 150 Jahren¹⁷⁷ bekannten und vielfältig behandelten Krankheitsbild, dass von Sarpyener (1945)¹⁶⁵ und Verbiest (1949)¹⁹⁵ erstmals als eigenständiges Krankheitsbild beschrieben und als komprimierende Enge des Spinalkanals, bedingt durch eine Verminderung des Sagittal- bzw. des Querdurchmessers, definiert wurde. Spezifiziert wurde die Definition durch Eisenstein et al. (1976),⁵⁵ der die Interpedikularabstand miteinbezog und Postacchini et al. (1993),¹⁵³ für den die Summe sämtlicher osteoligamentären Strukturen im Spinalkanal verantwortlich für die Wirbelkanaleinengung ist.

Trotz der vielen vergangenen Jahre seit der Erstbeschreibung gibt es in der Literatur bis heute weder eine einheitliche Definition des Krankheitsbildes, einen Konsens über die Pathogenese, noch eine allgemein akzeptierte Diagnostik oder Therapie der lumbalen Spinalkanalstenose.⁶⁴ Vielmehr führen die Weiterentwicklungen in der Chirurgie, beispielsweise die technischen Verbesserungen des Operationsmikroskops und neue bildgebende Verfahren, zu immer vielfältigeren diagnostischen Möglichkeiten und Therapiekonzepten. Der theoretische Teil dieser Arbeit versucht eine Übersicht der standardmäßig durchgeführten Diagnostik- und Therapieoptionen zu liefern.

Diese Arbeit berücksichtigt ausschließlich die degenerative LSS (DLSS). Die DLSS ist eine Erkrankung des Alters. Sie ist in Deutschland der häufigste Grund für Wirbelsäulenoperationen.^{37,49,185} Aufgrund der steigenden Lebenserwartung der Menschen in Industrienationen und des Anspruchs auf den Erhalt einer guten Lebensqualität, ist es die Aufgabe der Medizin, innovative Therapiemethoden zu entwickeln. Bei der Vielzahl der vorhandenen Therapiemethoden ist man sich darüber einig, dass konservative Therapiestrategien vor allem bei Patienten ohne neurologische Defizite und mit mäßigen Beschwerden angewandt werden sollten.¹⁸⁶ Wird eine operative Therapie nötig ist wie auch bei anderen Erkrankungen, die minimalinvasive Chirurgie der Vorreiter der Stunde.

In der vorliegenden Studie wurde der präoperative Zustand von 99 Patienten, die an einer bilateralen lumbalen Spinalkanalstenose litten, mit dem postoperativen Ergebnis nach der minderinvasiven Operation mittels Laminotomie plus Undercutting zur Gegenseite bzw. unilateraler Laminotomie verglichen. Danach wurden die Ergebnisse der beiden Operationsmethoden miteinander verglichen. Der Anspruch dieser Studie ist ein Versuch herauszufinden, ob das Ergebnis der operativen Therapie bezogen auf die Symptomverbesserung und die Funktionalität im Alltag zufriedenstellend ist. Die Arbeit soll eine Hilfestellung zur individuellen Indikationsstellung für eine mögliche operative Therapie mittels Laminotomie plus Undercutting zur Gegenseite oder unilateraler Laminotomie bei bilateraler Spinalkanalstenose geben.

Theoretische Grundlagen

Anatomischer Teil

Wirbelsäule

Für das Verständnis der gesamten Arbeit ist die Kenntnis über den anatomischen Aufbau der Wirbelsäule, insbesondere der Lendenwirbelsäule (LWS) von Bedeutung. Deshalb erfolgt hier eine Zusammenfassung. Die Wirbelsäule unterteilt sich in fünf Abschnitte:

- Halswirbelsäule
- Brustwirbelsäule
- Lendenwirbelsäule
- Sakralwirbelsäule
- Steißbein

Alle Abschnitte haben eine bestimmte Wirbelanzahl und eine typische Verlaufsform, die sich wie auch die Form der Wirbel von Abschnitt zu Abschnitt unterscheiden. Die Wirbelsäule setzt sich aus 33 Wirbeln zusammen, die sich auf die einzelnen Abschnitte aufteilen. Abweichungen von der Norm sind häufig. Die Halswirbelsäule hat sieben Wirbel, ihre Verlaufsform ist durch eine nach vorne konvexe Krümmung (Lordose) gekennzeichnet. Die Brustwirbelsäule wird aus zwölf Wirbeln gebildet. Sie verläuft nach vorne konkav (Kyphose). Die Lendenwirbelsäule verfügt über fünf Wirbel und

liegt als Lordose vor. Die Sakralwirbelsäule wird bei Geburt als fünf eigenständige Kreuzbeinwirbel angelegt. Diese verschmelzen zwischen dem 20. und 25. Lebensjahr zu einer nach vorne konvexen Platte, welche die Sakralkyphose bildet. Auch die vier Steißwirbel verschmelzen im zweiten Lebensjahrzehnt zu dem konkaven Steißbein.

Aufbau eines Wirbels

Die Wirbel verfügen über ein grundsätzliches Bauschema, das sich durch alle Abschnitte der Wirbelsäule zieht. Zu den Bauelementen eines Wirbels gehören:

- Ein Wirbelkörper (*Corpus vertebrae*), mit Grund- und Deckplatte, sowie Randleisten.
- Ein Wirbelbogen (*Arcus vertebrae*), vom Wirbelkörper zu beiden Seiten ausgehende Bogenwurzeln (*Pediculi arcus vertebrae*) mit den beiden Einkerbungen (*Incisura vertebralis superior et inferior*), die mit dem jeweils nächsten Wirbel die Foramen intervertebrale bilden, sowie die paarigen platten Anteile (*Lamina arcus vertebrae*).
- Der Wirbelkörper und der Wirbelbogen umschließen das Zwischenwirbelloch (*Foramen intervertebrale*), das im Verlauf der gesamten Wirbelsäule den Wirbelkanal (*Spinalkanal*) bildet. Im Spinalkanal verläuft das Rückenmark sowie die Nervenwurzeln, die der Ausgangspunkt der Spinalnerven sind.
- Vom Wirbelbogen gehen Fortsätze aus, die als Ansatz und Krafthebel für Muskeln und Bänder dienen und im Bereich der Brustwirbelsäule das Wirbel- Rippengelenk bilden.
- Ein Dornfortsatz (*Processus Spinosus*) (*Proc.*).
- Vier Gelenkfortsätze (jeweils auf jeder Seite *Proc. articularis superior et inferior*, welche die Intervertebralgelenke), d.h. die Gelenke zwischen den einzelnen Wirbelkörpern bilden (*Articulationes intervertebrales*, *Articulationes zygapophysiales*, Facettengelenke).
- Zwei Querfortsätze (*Proc. Transversus*) (Siehe Fig. 1).

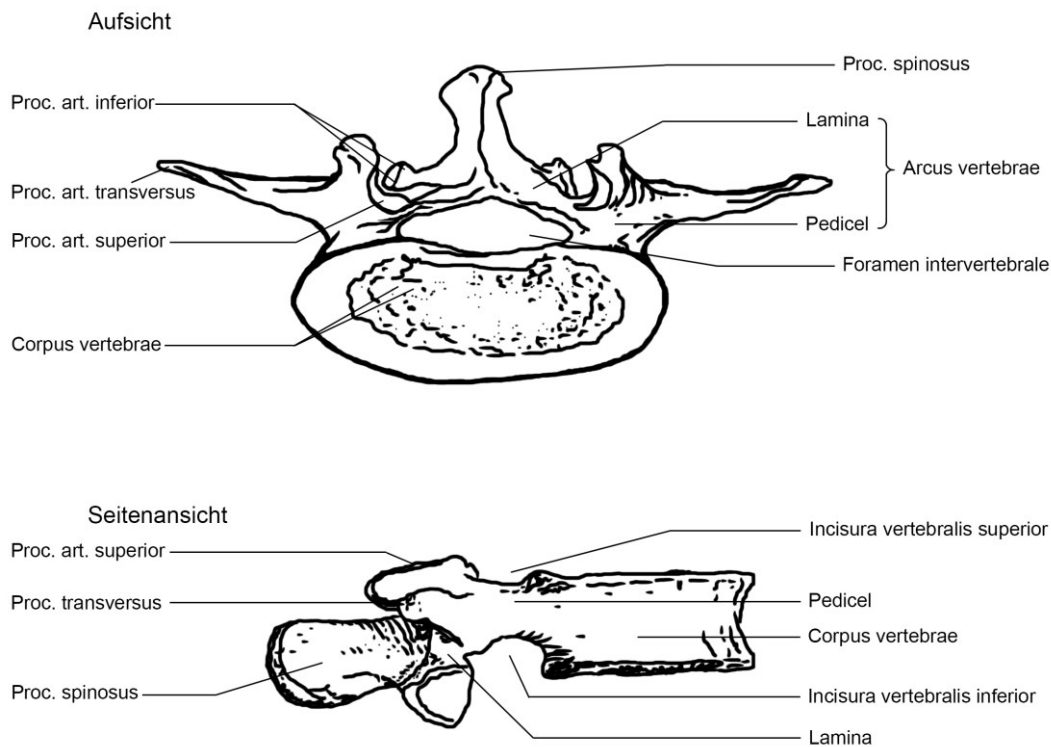


Fig. 1. Ein normaler Wirbelkörper. (Nach Moore K, Clinically oriented anatomy, 1999, nach Lippincott Williams & Wilkins von Samuels-Art 2015)

Anatomie der Lendenwirbelsäule

Vergleicht man den Aufbau der verschiedenen Wirbelsäuleabschnitte fallen im Bereich der Lendenwirbelsäule Unterschiede auf. Die Verlaufsform und die Form der Wirbel wurden durch die evolutionäre Entwicklung des Menschen vom Vierfüßler- in den Zweifüßlerstand bedingt. Von kranial nach kaudal erfuhr die Wirbelsäule durch diesen Entwicklungsschritt eine zunehmende Gewichtsbelastung.⁶ Das sorgte dafür, dass die Größe und der Durchmesser der Wirbel von zervikal nach lumbal zunimmt.⁸⁹ Zwischen den Wirbelkörpern der LWS befinden sich vier Bandscheiben und jeweils eine weitere in Richtung der Brustwirbelsäule beziehungsweise des Steißbeins. Auch diese nehmen nach kaudal an Größe zu. Darüber hinaus sind die Bandscheiben bedingt durch die Lendenlordose in aufrechtem Stand ventral etwas höher als dorsal. Die Wirbel der Lendenwirbelsäule haben anstatt der Querfortsätze Rippenrudimente (Proc. Costales). Der eigentliche Querfortsatz bildet im LWS- Bereich nur einen kleinen spitzen Fortsatz an der Basis der Proc. costales (Proc. accessorius). An den Proc. articulares superiores befinden sich die Proc. mamillares, die als Ursprungs- und Ansatzpunkte der autochtonen Muskulatur dienen.

Bewegungssegment nach Junghanns

Die Wirbelsäule ist der Ausgangspunkt jeglicher Bewegung des menschlichen Körpers. Es ist nicht der einzelne Wirbelkörper, der zur Bewegung führt, sondern vielmehr das Zusammenspiel kleiner Bewegungseinheiten. Diese Bewegungseinheiten wurden von Junghanns et al.⁸⁹ als Bewegungssegmente definiert. Die Spinalkanalstenose betrifft meist mehrere Segmente, so dass das Verständnis über den Aufbau des einzelnen Segments umso wichtiger ist (siehe Fig.2).

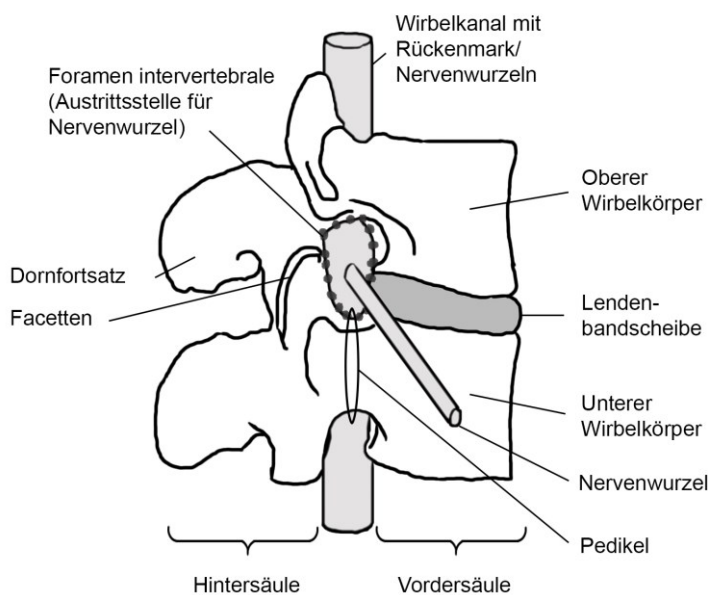


Fig. 2: Bewegungssegment nach Junghanns. Normales Bewegungssegment: (zwei benachbarte Wirbel, eine Bandscheibe und Bänder) der Lendenwirbelsäule. Die Nervenwurzel tritt durch eine Öffnung aus, welche aus Pedikel, Facetten und einer Bandscheibe geformt wird. (nach e.n.v.de: adaptiert von Samuels-Art 2015)

Als Bewegungssegment bezeichnet man die gelenkige und muskuläre Verbindung zwischen zwei Wirbeln. Es bildet die kleinste Funktionseinheit der Wirbelsäule.⁸⁹ Jedes Bewegungssegment hat definierte Freiheitsgrade. Die Summe der Einzelbewegungen macht die Beweglichkeit der Wirbelsäule aus.⁵⁴

Innerhalb der gesamten Wirbelsäule gibt es 25 Bewegungssegmente. Zu einem Bewegungssegment gehören folgende Strukturen:

- Zwei benachbarte Wirbel
- Die Zwischenwirbelscheibe
- Das Facettengelenk

- Der Bandapparat
- Die Muskulatur

Jede Komponente dieser Einheit hat ihre eigene Funktion. Die Bandscheibe übernimmt vorrangig eine Pufferfunktion. Außerdem lässt sie durch ihre Verformbarkeit Bewegung zu. Sie stellt durch das Verwachsen mit den Wirbelkörperabschlussplatten und dem vorderen Längsband ebenso Stabilität her, so dass Schäden an Nervenwurzel oder am Rückenmark verhindert werden.

Das paarige Facettengelenk dient als zentraler Drehpunkt zwischen dem ventralen Pfeiler (Wirbelkörper) und dem dorsalen Pfeiler (Quer- und Dornfortsatz mit dem verbindenden Bandapparat und der kurzen autochtonen Rückenmuskulatur). Gesichert wird das Facettengelenk durch die schräg verlaufenden Ligamenta (Ligg.) Interspinalia.¹⁵⁶

Zu den Wirbelkörperbändern zählen das vordere und das hintere Längsband (Ligg. longitudinale anterior et posterior). Die Wirbelbogenbänder sind das Ligamentum flava (Lig.), das Lig. supraspinale, das Lig. interspinale und das Lig. intertransversare sowie im Halswirbelbereich das Lig. nuchae.

Unter klinischem Gesichtspunkt gehören zu einem Bewegungssegment außerdem die in den Zwischenwirbellöchern und dem Wirbelkanal verlaufenden Nerven und Gefäße.

Anatomie des Spinalkanals

Der Spinalkanal reicht vom Foramen occipitale magnum des Schädels über die Hals- Brust- und Lendenwirbelsäule bis zum Kreuzbein. Er wird im Verlauf der Wirbelsäule durch die Foramen vertebrale der einzelnen Wirbel gebildet. Die ventrale Begrenzung des Spinalkanals sind die Wirbelkörper- und Bandscheibenhinterflächen und das Ligamentum longitudinale posterior. Lateral und dorsal wird der Spinalkanal von den Wirbelbögen und dem darüber verlaufenden Lig. flavum begrenzt. Seitliche Aussackungen der knöchernen Begrenzung werden als Recessus lateralis bezeichnet. Dies ist ein wichtiger anatomischer Raum, besonders für die Entstehung der lateralen Stenose.^{17,103,106} Der Processus lateralis ist eine Rinne, die von der Hinterkante des Wirbelkörpers, der medialen Wand des Pedikels und einem Vorsprung des oberen Gelenkfortsatz gebildet wird (siehe Fig.3).⁴²

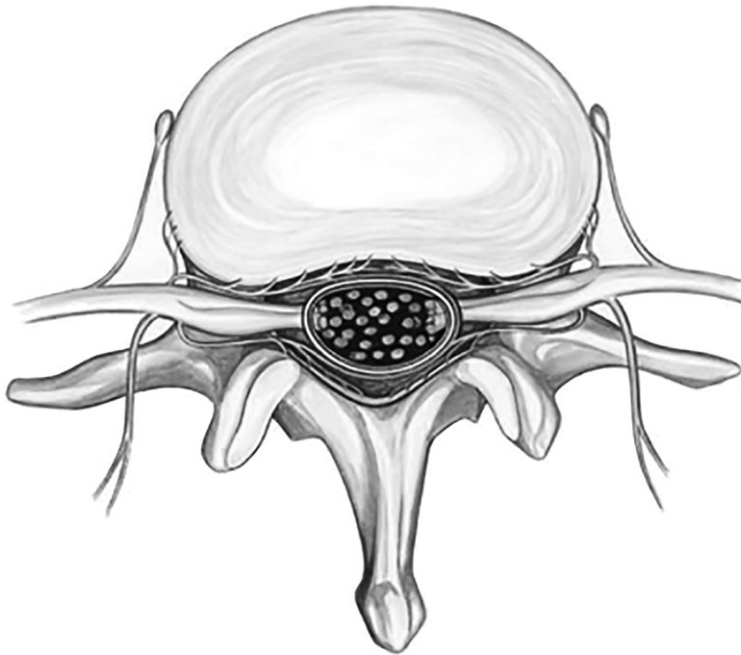


Fig. 3: Der Spinalkanal: Nach <http://www.neurochirurgie-katharinen.de/index.php>

Der Spinalkanal enthält folgende Weichteilstrukturen: Zentral liegt der Durasack, bestehend aus drei Bindegewebshäuten: Außen die Dura mater, in der Mitte die Arachnoidea mater und innen die Pia mater. Zwischen Pia mater und Arachnoidea mater befindet sich ein mit Liquor gefüllter Spalt. Die Dura mater ist von dem Periost des Spinalkanals durch den mit Fettgewebe und Venengeflecht gefüllten Epiduralraum getrennt. Die Rückenmarkshäute schützen das im Inneren liegende Rückenmark. Dieses endet beim erwachsenen Menschen mit dem Conus medullaris auf Höhe des ersten Lendenwirbelkörpers.

Vom Rückenmark gehen im Recessus lateralis die vordere und die hintere Wurzel des Spinalnervs ab. Die Wurzeln vereinen sich im Sulcus N. Spinalis des Proc. transversus zum Spinalganglion, um im Verlauf in den Spinalnerv überzugehen. Der Austrittspunkt des Spinalnervs ist das Foramen intervertebrale. Aufgrund des unterschiedlich ausgeprägten Wachstums von Rückenmark und Wirbelsäule verlaufen die Spinalwurzeln schräg abwärts von ihrem Ursprungssegment im Rückenmark bis zu ihrem zugehörigen Intervertebralloch. Im Verlauf bilden sie die Cauda equina. Die Weite des Spinalkanals wird durch die ihn begrenzenden knöchernen Strukturen vorgegeben. Der interpedikuläre Abstand nimmt von kranial nach kaudal zu, der

sagittale Durchmesser hingegen ab. Insgesamt wird der Spinalkanal von kranial nach kaudal schmaler.²⁰¹

Der Querschnitt des Spinalkanals ist im Verlauf der Lendenwirbelsäule unterschiedlich konfiguriert. Während er auf Höhe L1 rund ist, ist er im Bereich L2/L3 dreieckig. Im weiteren Verlauf L4/L5 hat er schematisch gesehen die Form eines Vier- bzw. Fünfecks.¹⁸⁸

Die lumbale Spinalkanalstenose

Epidemiologie

In der Literatur^{33,43,84} wird die Spinalkanalstenose neben dem lumbalen Bandscheibenvorfall und der degenerativen Spondylolisthese zu den häufigsten Ursachen für Schmerzen im Lendenwirbelbereich gezählt. Die jährliche Inzidenz in den USA beträgt 5/100000 mit steigender Tendenz.¹⁷⁰ Die Spinalkanalstenose ist die häufigste Indikation für Operationen der Lendenwirbelsäule bei Menschen im Alter von über 65 Jahren.^{84,182} Sie manifestiert sich vorwiegend im Alter zwischen 50 und 69 Jahren,⁵³ mit einem Durchschnittsalter von 64 Jahren.⁴³ Frauen sind etwas häufiger betroffen als Männer.^{53,115}

Sasaki et al.¹⁶⁷ nehmen an, dass 1,7 bis 6% aller Menschen unter 65 Jahren und 80% aller Menschen über 70 Jahre eine myelographisch nachweisbare spinale Enge im LWS-Bereich haben.²¹² In der Framingham Studie⁹¹ geht man davon aus, dass 30% der Menschen im sechsten Lebensjahrzehnt an einer LSS leiden. Sekiguchi et al.¹⁷⁴ fanden in ihrer Studie heraus, dass 20% der 60-Jährigen, 30% der 70-Jährigen und 40% der 80-Jährigen Spinalkanalstenosen mit neurologischen Symptomen haben. Die diagnostisch gesicherte Enge korreliert aber keineswegs zwangsläufig mit neurologischen Symptomen.⁸¹

Pathogenese und Ätiologie

Die LSS beruht auf der chronischen Degeneration eines, meist mehrerer Bewegungssegmente. Das Ausmaß der Degeneration ist nur bis zu einem gewissen Grad tolerabel, bevor die Instabilität eines Segments resultiert.^{71,179}

In der Literatur herrscht Konsens über einige Faktoren, die zu einer LSS führen. Die Pathogenese ist jedoch nicht gänzlich geklärt. Am Anfang einer LSS steht häufig der Verschleiß der Bandscheibe, meist auch in Form einer Protrusion. Hierbei kommt es zu einer Einengung des Spinalkanals von ventral.^{179,42} Die dadurch bedingte Höhenminderung des Zwischenwirbelraums führt zur Einengung des Rezessus und des Foramen intervertebrale. Dies hat eine Mehrbelastung des Facettengelenks zur Folge.¹⁷⁰ Bedingt durch die Mehrbelastung entsteht häufig eine Facettengelenksarthrose. Im gesamten Bewegungssegment kommt es zu einer zunehmenden Mobilität, die konsekutiv in eine segmentale Instabilität übergeht.¹⁸⁸ Unter anderem bedingt durch eine Laxität der zugehörigen Bänder. Der Körper versucht reaktiv Stabilität herzustellen. Die Gelenkkapsel hypertrophiert. Es kommt zur Bildung von Gelenkzysten. An den zugehörigen Gelenkpartnern bilden sich Osteophyten. Auch die Bänder der Wirbelsäule spielen bei der Pathogenese der LSS eine Rolle. Sie hypertrophieren, vor allem das hintere Längsband und das Lig. flavum.^{2,207} Die Hypertrophie wird bedingt durch mechanischen Stress, der die Ausschüttung des Wachstumsfaktors TGFβ durch stimulierte Endothelzellen bewirkt.^{6,188} Hierbei spielen nach neusten Erkenntnissen auch lysophosphatische Säuren und deren Rezeptoren eine Rolle.²¹¹ Auch das Lig. flavum wird dadurch reaktiv umgebaut,¹⁷⁹ es verliert an elastischen Fasern, es fibrosiert, kalzifiziert, bildet Zysten und ossifiziert.^{2,35,41,146,163,173,179} Dies soll auf der zugehörigen microRNA- Ebene jüngst nachzuweisen sein.²⁰⁵ Die Höhenminderung im Segment führt darüber hinaus zum Fälteln des Ligamentum flavum und dadurch zu einer zusätzlichen Einengung des Spinalkanals von dorsal. Eine weitere Folge der Hypermobilität und Instabilität ist die degenerative Spondylolisthese. Sie begünstigt die Entstehung einer LSS.^{42,170} Ein seltener Grund für eine Spinalkanalstenose ist die spinale epidurale Lipomatose, die vor allem im Segment L5S1 auftritt und als Folge einer therapeutischen Langzeitsteroidbehandlung diskutiert wird.¹⁷⁰ Die resultierende Enge führt zur einer Kompression der Strukturen im Spinalkanal (siehe Tabelle 1). Neben der mechanischen Belastung der Strukturen wird eine vaskuläre Komponente bei der Entstehung der LSS angenommen.^{170,188} Die entstehende arterielle Minderdurchblutung führt zur Ischämie und damit zur fehlenden Versorgung der Cauda Equina mit Nährstoffen.^{87,116} Die venöse Kongestion hat eine Kompression der Nerven zur Folge und sekundär auch eine Minderperfusion derselben.

Die entstehende Claudicatio wird in der Literatur durch eben diese unzureichende vaskuläre Versorgung erklärt. So ist die Entstehung einer LSS ein dynamischer Prozess.^{150,170} Während in Ruhe und Flexion eine kompensierte Situation mit relativ weitem Spinalkanal vorherrscht, entsteht durch Belastung und Extension eine Dekompensation.^{64,150,169} Porter et al.¹⁵⁰ gehen davon aus, dass für die Entstehung einer LSS mehr als ein Segment betroffen sein muss.

Tabelle 1: Strukturelle Veränderungen

Rezessusstenosen
Spondylotische Randkantenausziehungen der Wirbelkörperhinterkanten
Verdickungen der Ligamenta Flava durch Fibrosierung
Ausschüttung des Wachstumsfaktors TGFβ durch stimulierte Endothelzellen
Abnahme der Bandscheibenhöhe (Protrusion oder Prolaps)
Degenerative Instabilitäten des Bewegungsegmentes mit Pseudolisthesen/Spondylosis
Osteophyten
Gelenkkapselverdickung
Facettenosteoarthritis/ -hypertrophie/ -zysten

Neuere Theorien nehmen an, dass sich die Nervenwurzel durch die spinale Einengung entzündlich verändert (Radikulitis) und es zu einer Veränderung des Neurotransmittermetabolismus kommt.⁹⁹ Weiter fand man im Rahmen der LSS eine Veränderung von Entzündungsmediatoren. Demnach war IL1 β erhöht, während IL6 und TNFα erniedrigt waren.^{64,80} Strukturelle Veränderungen der degenerativen Stenosen sind: (s. Tabelle 1).

Klassifikation

Die Spinalkanalstenose kann nach mehreren Gesichtspunkten klassifiziert werden. In der vorliegenden Studie wurde eine Auswahl getroffen.

Ätiologische Klassifikation

- Primäre, sekundäre und kombinierte Stenosen

In der Literatur werden primäre, sekundäre und kombinierte Entitäten der Spinalkanalstenose unterschieden.^{121,151,153} Unter primärer Enge versteht man kongenitale Engen.^{10,166} Verbiest et al.¹⁹⁵ teilen sie in kongenitale und erworbene Stenosen ein. Primäre Stenosen treten isoliert oder im Rahmen einer Grunderkrankung wie beispielsweise angeborene Knochenaufbaustörungen oder Fehlbildungen bei Achondroplasie auf.^{151,170} Ebenso zu den primären Stenosen zählen Stenosen, die durch Störungen der postnatalen Entwicklung auftreten.⁶⁴ Beispiele sind: VACTERL-Defekt,¹⁵ Kippel- Feil- Syndrom (siehe Tabelle 2). Insgesamt sind primären Stenosen selten.

Tabelle 2: Primäre Faktoren

Form, Lage und Dimension der Gelenkfacetten
Form und Dimension des Spinalkanals
Angeborene Knochenaufbaustörungen
Kongenitale Fehlbildungen wie Achondroplasie/Chondrodystrophie
Idiopathische Formen
Hyperlordose

Alle Stenosen, die trotz normal verlaufener Entwicklung entstehen, sind sekundäre (erworbene) Stenosen.^{196,152} Häufige Ursachen sind degenerative Veränderungen.

Ursächlich kann man sekundäre Stenosen wie in Tabelle 3 einteilen.

Die sekundäre Form der LSS betrifft zumeist die unteren drei Segmente der Lendenwirbelsäule.^{5,64} Oft gibt es keinen direkten Auslöser für die Entstehung der sekundären Stenose. Vielmehr ist es häufig ein Zusammenspiel aus Alter, Degeneration und harter körperlicher Arbeit. Bei einer kombinierten Stenose treten in einem Segment sowohl primäre als auch sekundäre Veränderungen auf.

Tabelle 3: Sekundäre Faktoren

Degeneration
Alter
Bandscheibenprotrusion
Pseudospondylolisthesis
Spondylolisthesis
Posttraumatisch
Krankheit (Tumor)
Fraktur
Iatrogen
Operation (Failed back surgery, Postdisketktomiesyndrom)
Sonstige
Metabolisch/Endokrinologisch
Infektion

Anatomische Klassifikation

- Zentrale, laterale und Foramen- Stenosen

Bezüglich der degenerativen Stenosen werden, abhängig von der Lokalisation im Bezug zum Wirbel, Stenosen des zentralen Kanals, des lateralen Rezessus, der Foramina sowie Kombinationen der drei Formen unterschieden^{64,153,97}

Die zentrale Stenose entsteht durch die Verengung des Spinalkanals durch Osteophyten des mittleren Anteils des Facettengelenkfortsatzes, durch Hypertrophie des Ligamentum flavum und auch durch die Entstehung einer degenerativen Spondylolisthese.¹⁵³ Bei der lateralen Stenose wird durch den hypertrophierten oberen Facettengelenkrecessus und die Wirbelkörperperrückseite die Nervenwurzel allein oder mit Anteilen des duralen Sacks komprimiert. Die Problematik wird forciert, wenn zusätzlich die Facettengelenkkapsel hypertrophiert oder ein Bandscheibenvorfall hinzukommt. Um eine bessere Lokalisation der Stenose vorzunehmen, teilen Spivak et al.¹⁷⁹ die Wirbelsäule in drei transversale und drei sagittale Zonen ein. In der Klinik hat sich diese Einteilung noch nicht durchgesetzt. Bei der Foramenstenose kommt es z.B. im Rahmen einer Spondylolisthese zur Deformierung des Foramens und dadurch zur Einengung der Nervenwurzel. Überdurchschnittlich häufig treten Foramenstenosen im Segment L5/S1 auf Höhe der Nervenwurzel L5 auf, da hier das Verhältnis von Foramen und Nervenwurzel besonders klein ist.^{42,56,86,107,179} Die Foramenstenose kann nach Lee et al.¹⁰⁷ nach Eintrittszone, Mittelzone und Austrittszone gegliedert werden.¹⁷⁰ Dabei wird das Foramen in 3 Zonen unterteilt. Die Eintrittszone befindet sich medial des Pedikels.

Hier tritt die Nervenwurzelschulter ins Foramen ein. Die Mittelzone befindet sich kaudal des Pedikels und wird ventral vom Wirbelkörper und dorsal von der Pars interarticularis begrenzt. In dieser Zone liegt das Spinalganglion. Die Austrittszone wird ventral durch die laterale Bandscheibe und dorsal durch das Facettengelenk begrenzt.^{16,38,71,100,128} In der Klinik wird aber auch diese Einteilung noch wenig berücksichtigt.

Klassifikation nach Schweregrad

- Absolute und relative Stenose

Die Einteilung in relative und absolute Stenose ist in der Literatur verbreitet, jedoch nicht ausreichend validiert. Vollständigkeitshalber sei sie an dieser Stelle erwähnt. Bei der relativen LSS, die meist asymptomatisch verläuft, verfügt der Spinalkanal über einen Restsaum an epiduralem Fettgewebe und einem deutlich abgrenzbaren Liquorraum.¹⁷⁰ Die absolute Stenose ist klinisch symptomatisch. Der Reserveraum des Spinalkanals ist aufgehoben. Als Messgröße für die Unterscheidung der beiden Formen wird der mittlere Sagittaldurchmesser (MSD) verwendet (siehe Tabelle 4), der normalerweise zwischen 13,4mm- 20,4mm liegt.⁵⁷ Aus dem sagittalen Durchmesser und dem transversalen Durchmesser auf der Höhe der Pedikel lässt sich der Spinal Index berechnen, der als Maß für das Ausmaß der Stenose gilt.¹⁵¹

Tabelle 4: Einteilung in absolute und relative Spinalkanalstenose

Relative Spinalkanalstenose	10 – 12 mm
Absolute Spinalkanalstenose	< 10 mm

Klassifikation nach Symptomatik/ Klinischer Relevanz

- Kompensierte und dekomensierte Stenosen

Die meisten degenerativen Spinalkanalstenosen sind asymptomatisch. Man spricht von einer kompensierten Stenose. Krämer et al.¹⁰² beschreiben den fließenden Übergang in eine Dekompensation als circulus vitiosus. Zur Dekompensation kommt es durch ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren, wie beispielsweise eine Bandscheibenprotrusion, aktivierte Arthrose, postoperative Narben oder Synovialzysten. Dadurch bedingt kommt es zur Kompression der Nerven und Irritation von Schmerzrezeptoren im Wirbelkanal.

Damit einhergehend ist eine entzündliche Schwellung der betroffenen Nervenwurzel. Diese Einengung führt zu einer Behinderung des venösen Abflusses und somit zu einer Verstärkung Einengung.¹⁰² Die Folge ist eine klinisch apparente Symptomatik. Stenosen können mono- oder multisegmental auftreten. Am häufigsten wird eine bisegmentale Ausprägung beobachtet. Bei einer generalisierten LSS ist der Gesamtquerschnitt verengt, während bei der lokalisierten Form ein umschriebener Teil komprimiert wird, z.B. bei Hypertrophie des Lig. flavum. Zusammenfassend ist die in Tabelle 5 aufgeführte Konstellation häufig.

Tabelle 5: Übergeordnete Einteilung der lumbalen Spinalkanalstenose

Monosegmental	Multisegmental
Angeboren (primär)	Erworben (sekundär)
Generalisiert	Lokalisiert
Zentral	Lateral

Klinik

Die Symptome der lumbalen Spinalkanalstenose sind vielfältig und können von Patient zu Patient sehr unterschiedlich sein. Bisher gelang es nicht einen definitiven Symptomkatalog anzulegen, nach dem eine lumbale Spinalkanalstenose mit hoher Sicherheit diagnostiziert werden kann.⁵²

Oft werden subjektive Beschwerden verkannt, da sie durch objektive klinisch diagnostische Tests nicht immer reproduzierbar sind. Für den einzelnen Patienten bedeuten die Schmerzen jedoch eine gravierende Einschränkung der Lebensqualität.¹³² Die Patienten haben meist eine langjährige Rückenschmerz-anamnese, die über die Jahre chronisch wird und die an Intensität und weiteren Symptomen zunimmt.¹⁷⁰

Das klinische Korrelat zur Spinalkanalstenose ist die Claudicatio intermittens spinalis.^{39,49,64,93,170,179,188} Häufig ist eine Einschränkung der Mobilität der primäre Auslöser einen Arzt aufzusuchen.¹⁵⁸ Charakterisiert wird die Claudicatio intermittens spinalis durch belastungs- und haltungsabhängige Beschwerden. Die Patienten verspüren nach einer bestimmten Gehstrecke, deren Länge oder Dauer sie meist genau benennen können, diffuse Schmerzen, Taubheit und Schwäche im Bereich der Lendenwirbelsäule (Lumbalgien) bzw. im Verlauf des Nervus ischiadicus vom Gesäß entlang der Ober- und Unterschenkel bis in die Füße (Ischialgien).⁶⁴ Anfangs sind die

Patienten im Sitzen und Liegen beschwerdefrei oder können sich dadurch eine Linderung verschaffen.^{45,64} Patienten haben keine Beschwerden bei Belastungen in flektierter Haltung der Lendenwirbelsäule, da hierbei die anatomischen Strukturen im Spinalkanal auseinanderweichen und ein für die Nerven entlastender Freiraum entsteht. Bergaufgehen, Fahrradfahren, Treppensteigen und das Schieben eines Einkaufswagens machen den Patienten deshalb selten Probleme. Wohingegen die Extension, also das Zurückbeugen des Oberkörpers, zu einer schmerzhaften Verengung führt. Zu langes Sitzen provoziert den Schmerz. Auch flaches Liegen verstärkt im Gegensatz zum Liegen auf der Seite die Beschwerden.⁶⁴ Deshalb nehmen die Patienten oft eine Haltung ein, die in der Literatur als „Simian Stance“ (affenartige Haltung)¹⁷⁵ bezeichnet wird. Hierbei beugen die Patienten nach längerem Gehen leicht die Knie und die Hüfte und krümmen den Rücken nach vorn.^{23,179} Diese Schonhaltung des Rumpfes führt zur schmerzreduzierten Entlordosierung der Wirbelsäule.¹²¹

Je nach Lokalisation und Ausprägung der Pathologien werden drei verschiedene Syndrome unterschieden.⁴⁵ Das pseudoradikuläre Syndrom (Facettensyndrom) entsteht durch eine Irritation der knöchernen, ligamentären und kapsulären Strukturen im Wirbelsegment. Es kommt zu diffusen nicht dermatom-gebundenen Schmerzen. Die Muskeleigenreflexe sind regelrecht auslösbar.

Beim (mono-)radikulären Syndrom kommt es zu einer direkten Nervenkompression, die oft nach längerer körperlicher Belastung^{45,125} zu radikulären, sensiblen und motorischen Ausfällen führt. Im Rahmen der motorischen Ausfälle treten Schweregefühl in den Beinen sowie eine Unsicherheit beim Gehen auf.¹⁸⁸ Durch die zunehmende Belastung der Wirbelsäule von kranial nach kaudal ist häufig die Nervenwurzel L5 betroffen. Eine Fußheberschwäche, die typischerweise bei Ausfall von Wurzel L5 auftritt, ist jedoch selten und wird durch vermehrtes Stolpern, zum Beispiel beim Hängenbleiben an Teppichkanten, bemerkt.^{45,93} Der Ausfall des Muskeleigenreflexes in den Beinen ist typisch. Selten bestehen vegetative Symptome, beispielsweise Störungen der Schweißsekretion. Meist handelt es sich um eine zentrale Stenose.

Bei einer lateralen Stenose kommt es zu Ischialgien und dermatom- gebundenen radikulären Ausfällen im betroffenen Bein. Meist ist das Segment L4/5 betroffen, so dass die Schmerzen vom Gesäß über die Rückseite des Oberschenkels bis in den lateralen Unterschenkel verlaufen. Bei der Lokalisation der Stenose in höheren

Wirbelsäulenabschnitten ist vor allem die Oberschenkelvorderseite betroffen. Die Studien von Jönsson und Strömqvist et al. zeigten, dass Patienten mit einer lateralen Stenose weniger bezüglich der Gehstrecke eingeschränkt waren, sondern vielmehr in Ruhe und nachts Beschwerden hatten.^{88,179}

Als drittes Syndrom tritt in schweren Fällen eine zusätzliche Kompression der Cauda equina auf. Hierbei kommt es ischialgieformen Schmerzen, sensiblen Störungen vorwiegend L4 abwärts, schlaffen Paresen der Beine, Potenzstörungen, Blasen-Mastdarminkontinenz und auch Eigenreflexstörungen. Ein solches Ausmaß ist selten.^{93,179} Auch nächtliche Krämpfe sprechen für einen schweren Verlauf.¹²⁰ Diese drei Syndrome können, vor allem wegen der oft multisegmental auftretenden Stenosen, überlappend vorkommen. Ein plötzliches Verschwinden der Schmerzen wird als Wurzeltod beschrieben.

Diagnostik

Klinische Diagnostik

Aufgrund der beschriebenen Vielfalt der klinischen Erscheinungsformen der lumbalen Spinalkanalstenose ist die klinische Diagnostik, das heißt die Anamnese und die körperlichen Untersuchung, von großer Bedeutung. Der Patient berichtet meist über progrediente Beschwerden und Einschränkungen der Gehstrecke. Wichtig ist in Abgrenzung zur peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK) nach den Linderungsstrategien der Symptomatik zu fragen. Anders als bei der pAVK ist die Symptomatik bei der Spinalkanalstenose wie schon erwähnt nicht durch einfaches Stehenbleiben behoben, sondern erst eine Kyphosierung der Wirbelsäule, etwa durch Nachvornebeugen des Rumpfes, kann eine Linderung hervorrufen.⁷⁰ Auch spielt die Dauer der Symptomatik eine große Rolle.

Im Rahmen der körperlichen Untersuchung fällt bei der Inspektion oft die oben beschriebene Simian Stance- Haltung auf,¹²⁰ die häufig mit massiv verspannter Muskulatur einhergeht. Palpatorisch besteht ein Verschiebe- oder Federungsschmerz der Processus spinosi, Druckschmerz im Trigonum lumbale und über den degenerativ veränderten Facettengelenken mit paravertebralem Muskelhartspann. Die Überprüfung des Reklinationsschmerzes, vor allem nach mehrminütigem Stehen in Retroflexion, ist

sinnvoll und führt womöglich zur Provokation von Sensibilitätsstörungen bzw. Lumboischialgien. Das Auslösen von Nervendehnungszeichen (Lasegue, Bragard, Femoralisdehnungsschmerz) oder der Finger- Bodenabstand weisen auf die Dekompensation einer schon länger bestehenden spinalen Enge hin. Oft bleiben diese klinischen Tests aber auch ohne eindeutiges Ergebnis.⁵⁷ Wie oben beschrieben sind die Muskeleigenreflexe der Beine nicht immer eingeschränkt und deshalb primär diagnostisch oft nur bedingt verwertbar. Trotzdem gilt „Lebhafte Reflexe schließen eine Spinalkanalstenose aus.“¹⁰² Zur Abgrenzung gegen eine periphere arterielle Verschlusskrankheit sollten die Fußpulse immer mit überprüft werden. Eine gründliche Untersuchung der Hüft- und Kniegelenke zum Ausschluss eines cox- oder gonarthrotisch bedingten Schmerzes ist ebenfalls durchzuführen.

Apparative Diagnostik

Die diagnostische Unsicherheit ergibt sich einerseits durch die komplexen Pathomechanismen der LSS. Andererseits spielt die Tatsache eine Rolle, dass, wie in der Literatur oft beschrieben, zwischen der Ausprägung der Symptome und dem anatomischen Korrelat in der Bildgebung oft kein Zusammenhang besteht.^{18,59} Trotzdem ist die Bildgebung in der Planung operativer Verfahren von wesentlicher Bedeutung. Zur Abklärung einer lumbalen Spinalkanalstenose stehen die folgenden bildgebenden Verfahren zur Verfügung: Standardröntgen, Computertomographie (CT), Magnetresonanztomographie (MRT), Myelographie, Myelo-CT und Myelo- MRT. Die Wahl des diagnostischen Verfahrens und dessen Bewertung gestaltet sich im klinischen Alltag oftmals schwierig, da es bis heute auch in der Bildgebung keine universal gültige Definition der Spinalkanalstenose gibt. Noch immer richten sich viele nach den 1954 von Verbiest et al. festgelegten Kriterien.⁶⁴ Die Einteilung von Verbiest et al. dient als Orientierung, jedoch berücksichtigt sie den komplexen Aufbau des Spinalkanals nicht. Eine Unterteilung in zentrale-, laterale- und Foramenstenose ist für die Therapieplanung essentiell (siehe Tabelle 6). Auch die ligamentären- und die bandscheibenbedingten degenerativen Veränderungen werden nicht ausreichend berücksichtigt. Mittlerweile gibt es eine Anzahl weiterführender Kriterien. Schönstrom et al.¹⁶⁹ haben den Zusammenhang zwischen dem Querschnitt des Duralsacks und der Symptomatik Claudicatio spinalis beobachtet. In ihrer Studie definierten sie die kritische Grenze im

antero- posterioren (a.p.)- Durchmesser bei $< 10\text{mm}$ bzw. einer transversalen Fläche des Spinalkanals, minimum cross-sectional area (mCSA) zwischen $75\text{-}100\text{mm}^2$.^{5,71,136,144}

Tabelle 6: Radiologische Kriterien einer lumbalen Spinalkanalstenose

Lokalisation	Radiologische Kriterien
Zentrale Stenose	Antero-posteriorer Durchmesser des Spinalkanals $\leq 12\text{ mm}$, oder Querdurchmesser des Durasacks $\leq 100\text{ mm}^2$
Laterale Stenose	Höhe des lateralen Recessus $\leq 3\text{ mm}$ oder Tiefe des lateralen Recessus $\leq 5\text{ mm}$
Foramenstenose	Foramendurchmesser $\leq 5\text{ mm}$

Die Stenose wird auf Höhe der Bandscheibe vermessen. Durchmesser $< 13\text{mm}$ werden als relative Stenosen bezeichnet. Im lateralen Recessus erfolgt die Vermessung zwischen der hinteren Wirbelkörperkante und der vorderen Fläche des oberen Gelenkfortsatzes. Ein Abstand von $< 3\text{mm}$ entspricht laut Schönstrom et al.¹⁶⁹ einer Stenose. Schizas et al.¹⁶⁸ haben festgestellt, dass bei der Entscheidung für eine Operation weniger radiologisch gemessene Werte eine Rolle spielen als vielmehr die Morphologie des eingengten Spinalkanals in der Bildgebung. In neusten Studien wird versucht, das in der Magnetresonanztomographie vermessene Nervenwurzelsedimentationszeichen als diagnostisches Hilfsmittel zu verwenden, auch um Patienten in konservative und operative Therapieuntergruppen einzuteilen.¹⁴ Einigkeit herrscht über den apparativen Untersuchungsalgorithmus.

Zur Basisabklärung gehört eine nativradiologische Darstellung der Lendenwirbelsäule in 2 Ebenen. Diese wird im Stehen sowie erweitert als Funktionsaufnahme in Re- bzw. Inklinatation durchgeführt. Sie dient dem Untersucher als Orientierung über degenerative Veränderungen im LWS- Bereich. Knöcherne Degenerationen wie Spondylophyten, segmentale Verschiebungen, Osteolyse, Osteoporose, sowie bei 30° Inklinatation die Weite der Neuroforamina und die lateralen Recessus sind im Röntgen gut beurteilbar. Ebenso kann eine Gelenkspaltverschmälerung und eine Gelenkarthrose diagnostiziert werden. Allerdings sagt die Röntgenaufnahme bekanntermaßen wenig über eventuelle Weichteilanomalien aus.

Erweiternd wird ein CT vom Bereich L2 bis S1 gemacht. Hierbei können knöcherne Strukturen beurteilt werden. Vorteil der Computertomographie ist die geringe

Schichtdicke von 1-2mm, wodurch eine sehr genaue Untersuchung von degenerativen Veränderungen möglich wird. Das MRT hingegen hat eine Schichtdicke von 3mm. Es verfügt jedoch über eine höhere Sensibilität bei Weichteilanomalien als das CT. Limitiert ist die Aussagekraft des CTs bei adipösen Patienten, bei Metallimplantaten sowie bei unruhigen, schmerzgeplagten Patienten, bei denen leicht Bewegungsartefakte entstehen. Die Strahlenexposition der Computertomographie spielt eine entscheidende Rolle bei der Wahl der bildgebenden Verfahren. Die Spezifität 80% und Sensitivität 90% von CT und MRT sind vergleichbar.⁹⁴ Die Magnetresonanztomographie ist heute Mittel der Wahl. Sie erfolgt üblicherweise T1- und T2- Wichtung in sagittaler und transversaler Ausrichtung. Das Statthaben einer Nervenwurzelsedimentation im MRT gilt bei Patienten mit entsprechender Symptomatik unter anderem als Zeichen einer Spinalkanalstenose. Während dadurch eine Abgrenzung zur vaskulären Claudicatio unterschieden werden kann, ist eine Unterscheidung zu unteren Rückenschmerzen anderer Ätiologie nicht ausreichend möglich. Diesbezüglich besteht Bedarf weiterer Studien.¹⁸⁹ Eine weitere bildgebende Untersuchung ist die lumbale Myelographie. Dabei handelt es sich um eine invasive Untersuchung. Sie wird heute aufgrund ihrer Nebenwirkungen nur noch im Einzelfall durchgeführt. Die Prävalenz möglicher Nebenwirkungen wie Kopfschmerzen, Übelkeit und Erbrechen werden in der Literatur mit 10-20% angegeben.⁴⁵ Blutungen, Kontrastmittelunverträglichkeit, Infektionen oder das Lumbalpunktionssyndrom sind äußerst selten. Die Myelographie hat ihren Stellenwert in der präoperativen Diagnostik, wenn die nichtinvasiven statischen Verfahren wie CT und MRT keine ausreichende Klarheit gebracht haben, bspw. beim Vorliegen von Metallimplantaten oder wenn dynamische Faktoren vermutet werden. Ihre Sensitivität liegt bei 90%. Als ergänzende Diagnostik dient die Elektrophysiologie. Sie eignet sich zum Erkennen subklinischer neurogener Läsionen, Wurzelschäden, zur differentialdiagnostischen Abgrenzung einer Myopathie und zum Erkennen von (Poly-) Neuropathien, beispielsweise im Rahmen eines Diabetes mellitus.

Differentialdiagnosen

Die besondere Bedeutung einer ausführlichen Anamneseerhebung und detaillierten klinischen bzw. neurologischen Untersuchung wird durch die Fülle an Differentialdiagnosen deutlich. Denn Schmerzen, Gefühlstörungen und Kraftlosigkeit in

den Beinen verbunden mit einer Gehbehinderung können auch bei anderen Erkrankungen im Wirbelkanal oder bei extravertebralen Erkrankungen auftreten.

Hier eine Auflistung möglicher Differentialdiagnosen:

- Fehlbildungen der Wirbelsäule: Achondroplasie etc.
- Degenerative Wirbelsäulenerkrankungen: Spondylolisthese, Lumbaler Bandscheibenvorfall, Osteoporose
- Osteomalazie
- Wirbelsäulenfrakturen: Traumatisch oder osteoporotisch bedingt
- Tumore an der Wirbelsäule
- Hüfte: Coxarthrose, ISG-Arthrose, Beinlängendifferenz
- Entzündungen: Borreliose, Spondylodiszitis etc.
- Vaskuläre Erkrankungen: Aortensklerose, pAVK, Bauchaortenaneurysma etc.
- Rheumatischer Formenkreis: Gicht, Rheumatoide Arthritis, Spondylitis ankylosans
- Myelopathien und Polyneuropathien
- Psychische Erkrankungen: Somatoforme Schmerzstörung, Depression etc.^{19,104,197}

Therapie

Konservative Therapie

Die initiale Therapie der lumbalen Spinalkanalstenose ist konservativ. Die einzige Ausnahme ist die akute Dekompensation einer Spinalkanalstenose mit neurologischen Ausfällen wie Paresen und Symptome im Rahmen einer Kaudakompression.⁴⁵ Die konservative Therapie spielt bei der Behandlung der degenerativen lumbalen Spinalkanalstenose insofern eine bedeutende Rolle, als dass die betroffenen Patienten beim Auftreten der Symptome in höherem Lebensalter sind und aufgrund ihrer Multimorbidität das perioperative Risiko zumeist erhöht ist.⁴⁵ Durch die konservative Therapie kann so versucht werden, auch ohne Operation ein gewisses Maß an Lebensqualität zurückzugewinnen. Es konnte keine Verschlechterung des Gesamtergebnisses beobachtet werden, auch wenn nach initial konservativer Therapie eine operative Therapie nötig wurde.¹⁷⁰ Zu erwähnen ist, dass es keine evidenzbasierten

Therapieleitlinien der lumbalen Spinalkanalstenose gibt und dass Ergebnisse über den Erfolg der konservativen und auch der operativen Therapie empirisch sind.¹⁷⁰ Säulen der konservativen Therapie sind:

- Medikamentöse Therapie, inkl. Injektionstherapie
- Physiotherapie, manuelle Therapie
- Ergotherapie
- Akupunktur
- Verhaltenstherapie
- Patientenschulung

Medikamentöse Therapie

Die medikamentöse Therapie erfolgt nach dem WHO 3- Stufen- Schema der Schmerztherapie (siehe Anhang). Dem Stufenschema folgend kommen Nicht- Opioid Analgetika, Opioid Analgetika sowie Co- Medikation¹⁷⁰ zum Einsatz. Opioid- Analgetika zeigen laut Markman et al. 2008 keine gute Wirkung bei bewegungsabhängigen Schmerzen.¹¹⁹ Mit Erfolg werden beispielsweise Muskelrelaxantien verwendet. Wohingegen der Einsatz von Calcitonin in der Literatur kontrovers diskutiert wird. Während Onel et al. 1993 bei 70% der mit Calcitonin und aggressiver Physiotherapie behandelten Patienten eine Verbesserung der Beschwerden feststellen konnten,¹³⁸ beobachteten Tran et al.¹⁹² in ihrer Metaanalyse, dass eine parenterale Applikation von Calcitonin Schmerzen lindert, während eine nasale Applikation keinen Einfluss auf die Schmerzen hatte. In den Studien von Coronado et al. 2009⁴⁰ und Sahin et al. 2009¹⁶² bestätigte sich die Einnahme von Calcitonin nicht als mögliche medikamentöse Therapieform. Der Nutzen einer Therapie mit Gabapentin, Methylcobalamin und Limaprost muss trotz berichteter Reduktion der Schmerzen zukünftig in Studien weiter belegt werden.^{4,192} In neusten Studien werden erste Erfolge mit Prostaglandine E1 gemacht. Dieser Ansatz basiert auf der Theorie, dass bei der Entstehung der LSS die arterielle Durchblutung der Nervenwurzel eingeschränkt ist.¹³⁷ Die Ergebnisse hierzu müssen abgewartet werden. Vor allem Patienten mit Radikulopathien profitieren von epiduralen Injektionen mit Steroiden, Lokalanästhetika und hypertonen Lösungen.^{47,101,159,170} Die Schmerzen in den Beinen können den Patienten für Wochen und Monate genommen werden.⁶⁴ Allerdings liegen noch keine

ausreichenden Langzeitstudien vor und die Schmerzfreiheit ist meist nur von vergleichsweise kurzer Dauer.^{36,61,192} Der Umbau der spinalen Bänder als Ursache der spinalen Stenose führt jüngst zum Erforschen neuer Therapiemöglichkeiten mit mesenchymalen Stammzellen.¹¹ Diese mögliche Therapieform gilt es zukünftig weiter zu untersuchen.

Krankengymnastik/ Ergotherapie/ Patientenschulung

Eine weitere Säule, die oft erst durch die medikamentöse Therapie möglich wird, ist die aktive Physiotherapie. Da die Schmerzen belastungsabhängig sind, ist eine belastungsmodifizierende Therapie besonders wichtig. Dies wird beispielsweise durch eine Verbesserung der Lendenlordose durch Traktionsbehandlungen zur Detonisierung der Muskeln, Kräftigung der Bauch- und paraspinalen Lendenwirbelsäulenmuskeln und Verbesserung der Hüftextension erreicht.¹⁷⁰ Auch Flexionsübungen wie Fahrradfahren und Rückenschwimmen sind empfehlenswert. Ein optimales Regime für eine aktive Physiotherapie existiert jedoch noch nicht.^{129,192} Passive Physiotherapie scheint nur einen eingeschränkten Erfolg zu haben. Ergotherapie und Verhaltenstherapie sind festverankerte Größen in der konservativen Therapie und tragen zur Haltungsverbesserung, zur häufig notwendigen Gewichtsreduktion durch Steigerung der Fitness und zur bewussten Entlastung der betroffenen Segmente bei.

Weiter sollten die Patienten geschult und über den natürlichen Krankheitsverlauf aufgeklärt werden.¹²⁹ Hierbei ist es nicht das Ziel den Patienten zu verunsichern. Vielmehr soll ihm seine Krankheit und der Umgang damit bewusst gemacht werden. Einigkeit findet man in der Literatur über die Überlegenheit eines multimodalen Therapiekonzepts mit Analgetika, Koanalgetika und aktiver Physiotherapie im Vergleich zu einem einseitigen Konzept.¹⁹² Um die Wirksamkeit der medikamentösen und regional blockierenden Verfahren nicht zu gefährden, müssen psychische Komorbiditäten wie beispielsweise Depressionen frühzeitig abgeklärt und behandelt werden.¹¹⁹ Während in der Literatur viele an der Effektivität einer alleinigen konservativen Therapie zweifeln, halten Katz et al.⁸³ eine konservative Therapie für Patienten mit moderaten Symptomen, also geringer Ausprägung der Claudicatio intermittens, wenig Radikulopathien, minimalen Lebensqualitätseinschränkungen, mäßigen Rückenschmerzen und keinen motorischen Ausfällen für sinnvoll. Außerdem

müssen auch Operationspatienten vor und nach der Operation, die nicht immer befriedigende Ergebnisse liefert, konservativ behandelt werden.^{79,186} Nach jedem konservativen Therapieversuch wird eine Reevaluation des Therapiekonzepts nach spätestens sechs bis acht Wochen empfohlen. Bei Fortbestehen der Beschwerden sollte über die Möglichkeit einer Operation nachgedacht werden, um eine Chronifizierung zu verhindern.

Operative Therapie

Ziele der operativen Therapie sind einerseits die Linderung der Schmerzsymptomatik, andererseits die Verbesserung der neurologischen Funktionen beziehungsweise deren Erhaltung. Der Chirurg muss hierbei eine Balance zwischen ausreichender Dekompression der nervalen Strukturen und Erhaltung der spinalen Stabilität schaffen. Für die operative Therapie der Spinalkanalstenose steht eine Reihe an chirurgischen Techniken zur Verfügung (siehe Tabelle 7). Es gibt einerseits reine Dekompressionsverfahren, andererseits werden Dekompressionsverfahren mit anschließender Stabilisation durchgeführt. Seit 1893 galt jahrelang die erstmals durch Lane et al.¹⁰⁵ durchgeführte Laminektomie als Methode der Wahl. Bei Vorliegen einer degenerativen Spondylolisthesis, einer Skoliose, einer Kyphose, einer vorangegangenen Dekompression auf der gleichen Höhe und der Notwendigkeit, mehr als 50% der Facettgelenke entfernen zu müssen, kommt eine Fusion hinzu.¹⁰⁹ Als neuere Verfahren um Anschlussinstabilitäten zu vermeiden wurden dynamische Implantate entwickelt. Das Standardverfahren bei spinalen Stenosen ohne Instabilität ist die stabilitätserhaltende interlaminäre Dekompression.^{46,122,132} Man kann das Verfahren modifizieren, „Undercutting decompression“, indem die gegenüberliegende Seite durch denselben Zugang zusätzlich dekomprimiert wird. Zudem werden zunehmend mikrochirurgische Techniken, Beispiel „mild Procedure“, angewendet, um chirurgische Morbidität bei den meist prädisponierten Hochrisikopatienten zu minimieren.^{27,35,44,96,129,144}

Tabelle 7: Spinalkanalstenose Operationsmethoden

Dekompression	Dekompression plus Stabilisation
Laminektomie	Fusion, Entfernung tragender Gelenkanteile zwischen den Pedikeln
Interlaminäre Dekompression (Laminotomie)	Implantat
Undercutting zur Gegenseite	

Indikation/ Kontraindikation

Die Indikationsstellung für die operative Therapie einer lumbalen Spinalkanalstenose erfolgt nach Anamneseerhebung, klinischer Untersuchung und möglichst in Übereinstimmung mit der Bildgebung.¹⁰⁴ Wie Theoridis et al.¹⁸⁶ halten viele den klinischen Befund für den maßgebenden Faktor für eine Indikation zur operativen Therapie und stellen die Bildgebung an zweite Stelle.

Als relative Indikation werden eine drei bis sechs Monate anhaltende hartnäckige subjektive Therapieresistenz gegen die konservative Therapie angesehen.⁷⁴ Hierunter fallen mäßige Schmerzen und schmerzfreie Gehstrecken über 500m. Eine Operation sollte nur zurückhaltend indiziert werden, da sich die Symptomatik des Patienten nicht immer verbessern kann und durch die Operation entstandene Narben diese noch verschlechtern könnten.

Absolute Indikation, die in der Literatur übereinstimmend vertreten wird, ist das Kaudasyndrom sowie der akute Ausfall funktionell wichtiger Muskeln.⁴⁵ Treten diese Symptome akut auf, ist dies das einzige Moment, in dem eine sofortige Operation erfolgt, ohne vorher einen konservativen Therapieversuch zu unternehmen. Wobei Theoridis et al.¹⁸⁶ zwischen Großzehheberschwäche oder einer mäßigen Fußsenker- bzw. Quadricepsschwäche mit geringen Schmerzen und einer funktionell entscheidenden Fussheberschwäche unterscheiden. Nur Letztere ist eine absolute Indikation zur operativen Therapie. Besteht eine relative Spinalkanalstenose kann laut Heisel et al.⁷⁴ eine deutliche Progredienz der neurologischen Defizite eine absolute Indikation zur operativen Therapie implementieren.

Schmerzen von höchster Intensität und Dauer, graduiert nach der Visuellen Analog Skala (VAS) und maximale Einschränkung der schmerzfreien Gehstrecke, gemessen in Metern, bis hin zu radikulärer Symptomatik im Sitzen und Liegen führen oft zu einem

derartigen Verlust an Lebensqualität, dass ein Handlungsbedarf besteht.^{74,122}

Vorausgesetzt die Schmerzen bestehen schon einige Wochen und alle konservativen Mittel wurden ohne nachhaltige Beeinflussung der Symptomatik ausgeschöpft.

Die Entscheidung, ob ein zusätzliches Undercutting möglich ist, erfolgt meist anhand Patientencharakteristika wie präoperative Nebenerkrankungen und höhere segmentale degenerative Veränderungen.

Zu den absoluten Indikationen anhand der Bildgebung, die bei dieser klinischen Symptomatik eine eindeutige Enge im Spinalkanal zeigt, zählen nach Heisel et al.⁷⁴ die Verlegung des lichten Querschnittes des lumbalen Spinalkanals um >50% bzw. eine Verengung des Sagittaldurchmessers unter 10mm.⁴⁵ Diese Befunde sollten aber nicht allein zur Entscheidung einer Operation führen.¹⁹⁸

Die Indikation zu einer operativen Therapie sollte überdacht werden, wenn Unklarheiten in der Diagnose vorliegen, wenn der Patient fehlende Bereitschaft zur konservativen Therapie zeigt, wenn psychosoziale Risikofaktoren für eine Chronifizierung sprechen oder wenn keine absolute Indikation vorliegt. In der Literatur geht die Meinung über das Outcome bezüglich Kosten, nachhaltiger Schmerzreduktion und Mobilitätsgewinn trotz Gegenstimmen²⁶ weiter in Richtung der operativen Therapie.^{83,191,200} Operationsindikationen sind:

- Kaudasyndrom
- Akute Fußheberschwäche
- Progredienz neurologischer Defizite
- Therapieresistente Lumboischialgien
- Erhebliche schmerzbedingte Einschränkungen der Gehstrecke
- Verlegung des lichten Spinalkanals um >50%
- Verengung des Sagittaldurchmessers >10mm

Techniken der chirurgischen Dekompression

Laminektomie

Unter Laminektomie versteht man die Entdachung des Spinalkanals mit Entfernung des gesamten Wirbelbogens einschließlich des Dornfortsatzes und des Ligamentums interspinosum bis zur medialen Pedikelbegrenzung. Die

Facettengelenke werden geschont, um die Stabilität zu erhalten (siehe Fig.4).

Laminotomie/ Interlaminäre Dekompression/ Teilhemilaminektomie/ Interlaminäre Fensterung

Laminotomie ist eine weniger invasive Operationstechnik. Sie kann einseitig und beidseitig erfolgen. Unter Erhaltung des Dornfortsatzes und der Ligg.interspinosa und supraspinosa wird das Ligamentum flavum mit den angrenzenden Bogenanteilen, bzw. in den Kanal ragenden medialen Anteilen der Wirbelgelenkfacetten, entfernt.⁹⁸

Undercutting

Beim Undercutting wird wie bei der Laminotomie vorgegangen. Es werden jedoch beide Seiten über nur einen Zugang dekomprimiert.^{32,122,125,135}

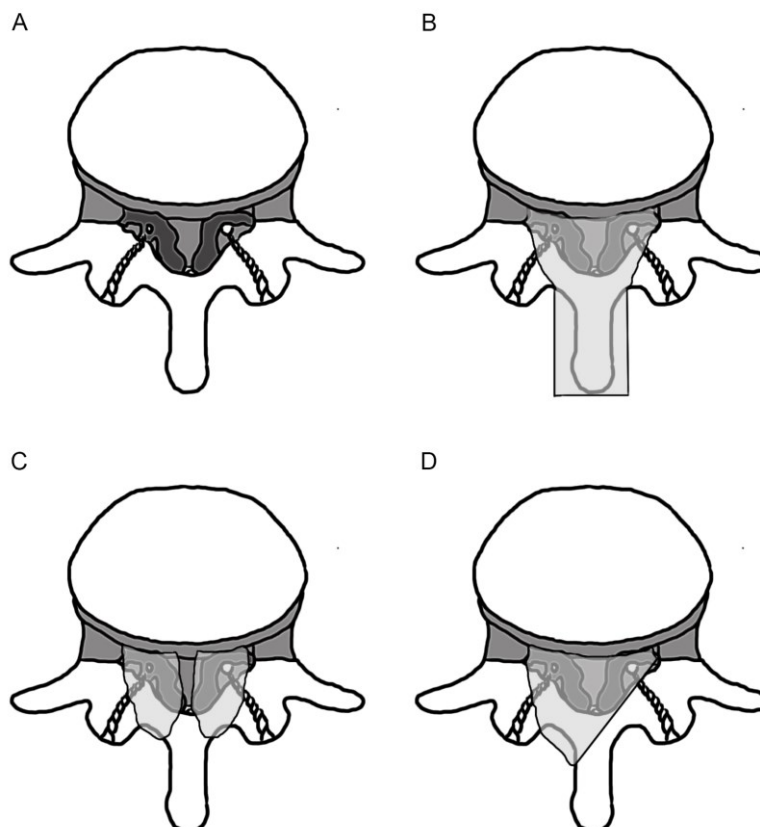


Fig. 4: Die Operationsmethoden Spinalkanalstenose, Schematische Zeichnung vor (A) und direkt nach der Dekompression von lumbalen Spinalkanalstenosen mittels Laminektomie (B), bilateraler Laminotomie (C) und unilateraler Laminotomie mit Undercutting zur kontralateralen Dekompression (D). © Samuelsart 2015.

Vorteile und Nachteile der Operativen Therapie

Von den Vorteilen der wenig invasiven Operationsmethoden profitieren auch ältere Patienten, da sich durch das Benutzen eines Mikroskops die Einsehbarkeit des Operationsfeldes verbessert und sich durch den Erhalt der spinalen Biomechanik und Anatomie³² das Trauma der Operation minimieren lässt. Die Folge ist eine verminderte perioperative Morbidität,^{32,140} die Möglichkeit der Frühmobilisation sowie die Verkürzung des Krankenhausaufenthalts. Durch eine geringere innere Narbe kann das Postdiskotomiesyndrom eingegrenzt werden. Es kommt zu weniger Blutverlust. Nerven- und Duraverletzungen sind seltener,¹³⁹ da man den lateralen Dura- bzw. Nervenwurzelrand besser von dem gelblichen Bandscheibengewebe abgrenzen kann. Einer der Hauptvorteile ist der Erhalt der Wirbelsäulenstabilität,^{32,140} so dass oftmals keine Fusion nötig wird.

Ein Nachteil der wenig invasiven Operationsmethoden ist der hohe technische Anspruch. Das Operationsfeld ist durch die indirekte Betrachtung des OP-Situs durch ein Mikroskop gewöhnungsbedürftig eingeschränkt. Auch die Möglichkeit sich an Nachbarstrukturen zu orientieren ist dadurch nur bedingt möglich. Die Operationsdauer ist aufgrund des Mehraufwandes im Vergleich zur offenen Dekompression oft länger. Entscheidend ist, dass dadurch Narkose bedingte Risiken zunehmen. Welches Vorgehen ökonomischer ist, muss in nachfolgenden Studien evaluiert werden.

Komplikationen der operativen Therapie

In der Literatur wird eine Komplikationsrate bei unilateraler Laminotomie mit <10 % angegeben.^{49,60} Aufgrund des hohen Durchschnittalters bei den Betroffenen ist die Rate der allgemeinen Komplikationen wie Herz-Kreislaufprobleme, Infektionen, Wundheilungsstörungen, Thrombosen, Embolien oder Harnentleerungsstörungen erhöht.^{49,194,67} Bei vermeintlich längerer Operationsdauer steigt das Narkoserisiko. Das Auftreten von Lagerungsschäden wird begünstigt. Spezielle Komplikationen sind Blutungen aus Gelenk- und Muskelkapseln, Dura-Eröffnung mit Liquorlecks, Bildung von duralen Fisteln und Zysten, Nervenwurzelläsionen, Meningitis, Arachnoiditis, epidurale Abszesse¹⁸² und Spondylodiszitis.

Spätkomplikationen sind Rezidive durch appositionelles Wachstum, Weiterentwicklung der Stenose im Nachbarsegment und postoperatives Wirbelgleiten. Komorbiditäten wie

chronische Lungenerkrankungen, Nikotinabusus, Voroperationen und Hospitalisation im vorangegangenen Jahr erhöhen das Risiko für Komplikationen. Das Auftreten von perioperativen Komplikationen steht nicht im direkten Zusammenhang mit dem Gesamtoutcome von spinalen Operationen.¹⁵⁵

Studien haben gezeigt, dass auch bei Diabetikern, Patienten mit koronarer Herzerkrankung, einem Alter über 65 Jahren oder Adipositas das Risiko für Komplikationen, wenn eine entsprechende perioperative Betreuung durch verschiedene Fachdisziplinen (u.a. Hausärzte, Chirurgen, Anästhesisten, Physiotherapeuten) und einem entsprechenden häuslichen Umfeld gewährleistet ist, nicht wesentlich erhöht ist.^{49,155}

Zielsetzung

Obwohl die operative Dekompression einer erworbenen, lumbalen Spinalkanalstenose bei therapieresistenten Schmerzen und neurologischen Defiziten heute unumstritten ist, besteht keine Einigkeit bezüglich der verschiedenen möglichen Operationsverfahren.^{145,193} Der klassische oder traditionelle Zugang ist die offene Dekompressionsoperation mit Laminektomie, partieller Arthrektomie und Foraminotomie, inklusive einer weitreichenden Muskelretraktion und Entfernung stabilisierender Strukturen.^{22,31,117} Trotz der Erfolge, die die konventionelle Dekompression aufweist, beinhaltet sie doch ein erhebliches Risiko an postoperativen Instabilitäten, muskulärer Schwäche infolge einer Atrophie und eines sog. failed back surgery Syndroms.^{9,30,96,117,187}

Heutzutage finden sich in der Literatur zahlreiche minder-invasive Operationstechniken mit transmuskulären Zugang zur Wirbelsäule, die dorsal-stabilisierenden Strukturen intakt lassen. Eine dieser minder-invasiven Techniken ist die unilaterale Dekompression mit Undercutting der Gegenseite.^{96,187,193}

In der aktuellen Literatur finden sich nur wenige Arbeiten, die unterschiedliche Operationstechniken direkt miteinander vergleichen. Vor diesem Hintergrund ist es der Anspruch dieser retrospektiven Vergleichsstudie, die unilaterale Laminotomie und die Laminotomie mit Undercutting zur Gegenseite mit beidseitiger Symptomatik auf Wirksamkeit und Vorteile zu untersuchen.

Dafür wurden bekannte klinische Scores wie der VAS, Roland Morris Score, Oswestry Disability Score und die selbsteingeschätzte Gehstrecke vor der Operation und nach der Operation erhoben. Anschließend wurde ein Gesamtscore definiert. Dieser wurde aus den für die Spinalkanalstenose entscheidenden Parametern Schmerz, Funktion und Zufriedenheit formuliert.

Fragestellungen

- 1) Bringt die Laminotomie mit Undercutting bei konzentrischen Spinalkanalstenosen mit beidseitiger Symptomatik im Vergleich zur unilateralen Laminotomie eine Verbesserung bezüglich Funktionalität und Schmerzen?
- 2) Kann man den Erfolg mittels eines Gesamtscores nachvollziehen?
- 3) Sind Patienten mit degenerativer Spinalkanalstenose mit den Operationstechniken zufrieden?
- 4) Wie ist der Stellenwert der Laminotomie mit Undercutting im Vergleich mit anderen Operationsmethoden im Rahmen einer lumbalen Spinalkanalstenose in der aktuellen Literatur?

Methoden

Ablauf der Studie

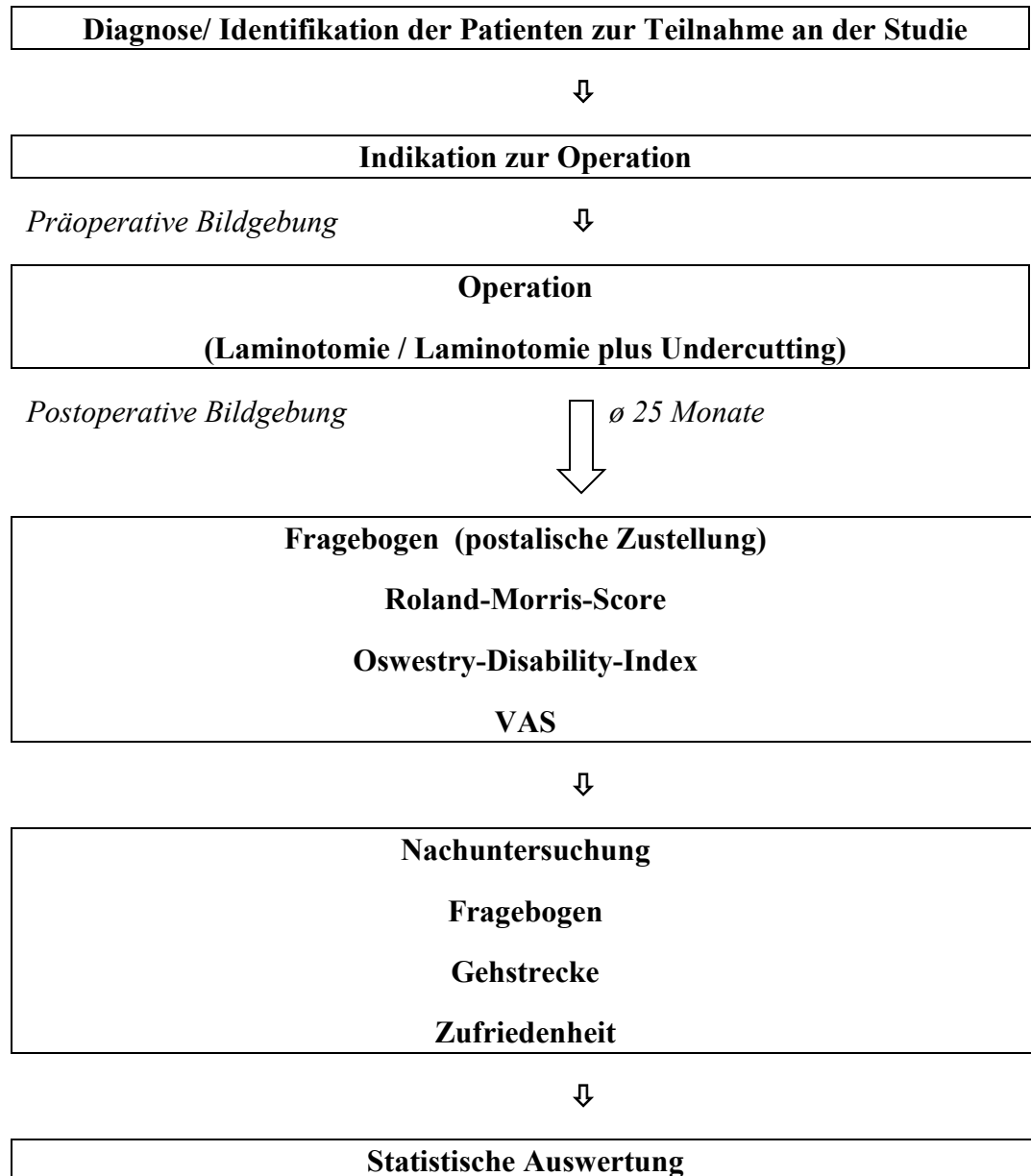


Fig.5: Studienablauf

Die vorliegende Studie ist eine retrospektive Studie und umfasst die Patienten, die an einer bilateralen degenerativen lumbalen Spinalkanalstenose litten und in den Jahren 2006-2008 mittels unilateraler Laminotomie plus Undercutting (Gruppe 1) oder

unilateraler Laminotomie (Gruppe 2) im Wirbelsäulenzentrum in Marburg/ Wehrda operiert wurden. Die Diagnosestellung fand ambulant im Wirbelsäulenzentrum Marburg durch einen der vier dort tätigen Fachärzte für Neurochirurgie in Form einer umfassenden klinischen, orthopädischen und neurologischen Untersuchung statt. Hierzu wurde ein standardisierter Untersuchungsablauf eingehalten, der postoperativ wiederholt wurde. War gemäß der Leitlinien klinisch eine operative Therapie indiziert, wurde eine Bildgebung in Form einer Kernspintomographie bzw. einer Computertomographie durchgeführt. Die Wahl der jeweiligen operativen Therapiemethode erfolgte durch den Operateur. Nach der Operation erfolgte eine erneute abschließende Bildgebung. Zur postoperativen Datenerhebung wurden Patienten mittels Fragebogen befragt und zur Anamneseerhebung und Nachuntersuchung ins Wirbelsäulenzentrum eingeladen. Die postoperative Datenerhebung erstreckte sich über den Zeitraum von August 2009 bis März 2010. Des Weiteren wurden die im Wirbelsäulenzentrum vorliegenden Akten der Patienten bezüglich der relevanten Untersuchungen vor der Operation sowie weiterer Informationen zur Datenerhebung verwendet. Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Biometrischen Zentrums des Universitätsklinikums Hamburg Eppendorf. Hierbei wurden die Ergebnisse der beiden Operationsmethoden für bilaterale Spinalkanalstenosen verglichen.

Einschlusskriterien/ Ausschlusskriterien

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden nur Daten von Patienten verwendet, die aufgrund einer bilateralen degenerativen lumbalen Spinalkanalstenose von 2006 bis einschließlich 2008 im Wirbelsäulenzentrum Marburg operiert worden waren. Die Einschlusskriterien wurden sehr eng gewählt, um mögliche Einflussgrößen minimieren zu können. Es wurden ausschließlich Patienten einbezogen, die bei bilateraler LSS mittels Laminotomie mit zusätzlichem Undercutting zur Gegenseite bzw. mittels unilateraler Laminotomie behandelt wurden. Ausgeschlossen wurden Daten von Patienten mit Beschwerden in anderen Wirbelsäulenabschnitten, mit mehr als einem betroffenen Segment, mit anderen Operationsmethoden oder nach Einbringung von Implantaten. Die Wahl des optimalen Operationsverfahrens für den individuellen Patienten erfolgte durch den jeweiligen Operateur. Hauptgründe für die Wahl auf eine

bilaterale Dekompression durch Undercutting zu verzichten, waren limitierende präoperative Nebenerkrankungen sowie ausgeprägte segmentale degenerative Veränderungen. Der Einschluss in die Studie erfolgte unabhängig vom Alter. Es konnten nur Patienten eingeschlossen werden, bei denen auch Daten vor der Operation erhoben worden waren. Weiterhin musste eine Einwilligung zur pseudonymisierten Auswertung und Veröffentlichung der Daten zu wissenschaftlichen Zwecken vorliegen. Es wurden auch Daten von Patienten verwendet, die nur die Fragebögen ausfüllten und zurückschickten, aber nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen konnten. Jeder Patient war entsprechend aufgeklärt, dass zu jedem Zeitpunkt ein Abbruch der Teilnahme und damit einhergehend der Ausschluss der Daten für die Studie möglich war. Im Abbruchsfall wurden sämtliche Daten vernichtet.

Fragebogen

Alle Daten wurden anhand eines standardisierten Fragebogens erfasst (siehe Anhang). Dieser wurde den Studienteilnehmern postalisch zugestellt und beim Nachuntersuchungstermin im Wirbelsäulenzentrum mit der Doktorandin besprochen. Der Fragebogen umfasste allgemeine Angaben zur Person, drei klinisch funktionelle Scores (Oswestry Disability Score, Visuelle Analog Skala für Schmerz, Roland Morris Score), den ASA- Score, die prä- und postoperative Gehstrecke und die Patientenzufriedenheit:

Soziodemographische Parameter

- Geschlecht
- Geburtsdatum
- BMI
- Beschäftigungsgrad
- Beschwerdedauer
- Vorbehandlung und Nachbehandlung
- Operiertes Segment
- Operationsdauer/ Dauer des stationären Aufenthalts
- Komplikation

- Krankenhausverweildauer

Erläuterung der Scores

Oswestry Disability Score

Ein Score, der für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse nach der Dekompression eingesetzt wurde, ist der Oswestry Low Backpain Disability Score (ODS) nach O'Brien et al. 1976. Bis zu der Veröffentlichung im Jahr 1980 nahmen Fairbank et al.⁵⁸

Verbesserungen vor. Eine Reliabilitätsprüfung der englischen Version fand 2000 durch Fairbank et al.⁵⁸ statt. Der ODS ist ein etablierter Score zur Beurteilung der Funktionalität nach Wirbelsäulenoperationen.^{62,147,200,209} Nach der Übersetzung in die deutsche Sprache 2006 konnten Osthus et al.¹⁴² eine gute Reliabilität der deutschen Version nachweisen. Anhand von zehn Fragen werden das Schmerzausmaß und die damit verbundenen Funktionseinschränkungen im Alltag von Patienten mit chronischen Rückenschmerzen erfasst. Die Fragen beziehen sich auf folgende Funktionsbereiche:

- Sitzen
- Stehen
- Gehen
- Schlafen
- Heben / Tragen
- Selbstversorgung
- Teilnahme am Gesellschaftsleben
- Reisen
- Sexualleben
- Schmerzstärke und Schmerzmittelbedarf

Jede Frage hat sechs Antwortmöglichkeiten, die von oben nach unten in ihrer Komplexität zunehmen. D.h. die erste Antwortmöglichkeit eines Gebiets bedeutet keine, die unterste hingegen maximale schmerzbedingte Einschränkung im Alltag. Der Patient muss sich für die auf ihn zutreffende Antwort entscheiden (siehe Anhang).

Das Endergebnis ermittelt der Untersucher, indem er für die erste Antwort 0 Punkte für die letzte Antwort 5 Punkte vergibt. Anschließend werden die Punkte in Prozente umgerechnet.

Beispiel: Erreichte Punktzahl/ mögliche Gesamtpunktzahl x 100

Hat der Patient eine Frage nicht beantwortet wird die erreichte Punktzahl dementsprechend durch eine um 5 Punkte kleinere Gesamtpunktzahl dividiert. Nach Ermittlung des Prozentwertes kann man die Patienten in fünf Klassen einteilen (siehe Tabelle 8). Diese können man innerhalb des Patientenkollektivs oder anhand der vor und nach der Operation ermittelten Klassen eines Patienten verglichen werden.

Tabelle 8: Schweregrad Oswestry Disability Score

0-20%	Minimale Behinderung
21-40%	Mäßige Behinderung
41-60%	Starke Behinderung
61-80%	Invalidisierend
81-100%	Bettlägerig

Der Einfluss von Beschwerden durch andere Erkrankungen und die damit verbundene Verfälschung des Ergebnisses kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Eine wesentliche Beteiligung durch Nebenerkrankungen wurde durch Anamnese und körperliche Untersuchung ausgeschlossen. Die Patienten wurden gebeten, den Fragebogen einmal zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung und einmal rückblickend für den Zeitpunkt unmittelbar vor der Operation auszufüllen. So ergeben sich für jeden Patienten jeweils ein präoperativer Score und ein postoperativer Score.

Visuelle Analog Skala

Die subjektive Einschätzung der Schmerzstärke erfolgte mittels der Visuellen Analog Schmerzskala (VAS). Dieses standardisierte Messverfahren macht es möglich, eine subjektive Größe, wie Schmerz zu objektivieren und vergleichbar zu machen.²¹⁰ Auf dieser Skala ist es möglich, Werte von 0 (kein Schmerz) bis 10 (maximaler Schmerz) mit allen ganzzahligen Zwischenwerten anzukreuzen. Dazu muss der Patient

den auf ihn zutreffenden Wert auf der 100 Millimeter langen Linie der Schmerzskala markieren. Der Anfangspunkt der Linie entspricht dem Wert 0, der Endpunkt der Linie dem Wert 10. Es wurden ein präoperativer und ein postoperativer Wert festgelegt. In der vorliegenden Studie wurden Beinschmerzen und Rückenschmerzen getrennt voneinander betrachtet (VASlp bzw. VASbp).

Roland Morris Score

Der Roland- Morris Score (RMS) wurde 1983 erstmals veröffentlicht.¹⁵⁰ Er basiert auf dem „Sickness of impact profile“ nach Bergner et al.¹⁵¹ Roland und Morris beschränkten ihn auf 24 Aussagen, die eine Evaluation, Quantifizierung und Vergleichbarkeit von durch Rückenschmerzen bedingten Funktionseinschränkungen ermöglichen. Um eine höhere Spezifität bezüglich der Rückenschmerzen als Einschränkungsground zu erreichen, ergänzten sie den existierenden Fragebogen von Bergner um den Zusatz „Wegen meiner Rückenschmerzen“. Der RMS wird in zahlreichen Studien und wissenschaftlichen Arbeiten verwendet.^{13,171} Wiesinger et al.²⁰³ validierten die deutsche Version des RMS im Jahr 1999. Eine Validation der englischen Version erfolgte 2000 durch Roland und Fairbank.⁵⁸ Die jüngste Studie von Magnussen et al. hat nach subtiler statistischer Analyse dem Roland Morris Score als multidimensionalen Score bei der Bewertung der Funktion im Rahmen einer LSS eine hohe Evidenz eingeräumt.¹¹¹ Die 24 Aussagen umfassen Alltagsaktivitäten, angefangen mit Körperhaltung und Treppensteigen bis Ankleiden und Hausarbeit (siehe Anhang). Der Patient hat die Möglichkeit, die auf ihn zutreffenden Aussagen anzukreuzen. Für jede angekreuzte Aussage erhält der Teilnehmer einen Punkt. Für die Auswertung werden alle Punkte addiert. Die Gesamtpunktzahl verteilt sich von minimal 0 Punkten bis maximal 24 Punkte. Je höher der erreichte Punktwert, desto höher die Alltagseinschränkung aufgrund der Schmerzen. In der vorliegenden Studie wurden die prä- und die postoperativen Punktwerte erfasst.

Schmerzfreie Gehstrecke

Die Patienten wurden prä- und postoperativ gebeten die Länge der schmerzfreien Gehstrecke, die sie ohne anzuhalten zurücklegen konnten, in Metern anzugeben. Die

Patienten konnten einen Bereich aus 4 Kategorien angeben: 0-100m, 100-500m, 500-1000m, > 1000m.

ASA-Klassifizierung

Die ASA-Klassifizierung (engl.: American Society of Anesthesiologists Classification) dient der Einschätzung des Gesundheitsstatus eines Patienten vor einer Operation. Sie wurde 1941 von Saklad et al.¹⁶⁴ zusammengestellt und im Verlauf mehrfach modifiziert und ergänzt.^{3,112} In dieser Studie wird sie zur Evaluierung des präoperativen Risikos und indirekt des Gesundheitszustandes herangezogen. Bei dieser Kategorisierung werden die Patienten präoperativ in sechs Gruppen eingeteilt:

- ASA 1: Normaler, gesunder Patient
- ASA 2: Patient mit leichter Allgemeinerkrankung
- ASA 3: Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung
- ASA 4: Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung, die eine ständige Lebensbedrohung ist
- ASA 5: Moribunder Patient, der ohne Operation voraussichtlich nicht überleben wird
- ASA 6: Hirntoter Patient, dessen Organe zur Organspende entnommen werden

Zufriedenheit

Ähnlich wie bei der Visuellen Analog Skala zur Einschätzung der Schmerzen wurden die Patienten gebeten, ihre Zufriedenheit mit der Operation auf einer Skala von 0 bis 10 anzugeben. Ein Wert von 0 entspricht einem ‚sehr unzufriedenem Patienten‘, ein Wert von 10 hingegen einem ‚sehr zufriedenen Patienten.‘

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS® (Statistical Package for Social Sciences, Chicago, IL, Version 20.0). Für die statistische Beratung wurde das Institut für medizinische Biometrie und Epidemiologie der Universität Hamburg zu Rate gezogen. In dieser Studie wurde bei allen durchgeführten Verfahren

ein p-Wert $< 0,05$ als statistisch signifikant gewertet. Zur deskriptiven Auswertung der Daten wurden Mittelwert und Standardabweichung (SD) für parametrische Daten, Median und Inquartile Range für nichtparametrische Daten angegeben. Außerdem wird je nach Aussagekraft die prozentuelle Verteilung der Daten angegeben und bewertet. Die Daten wurden anhand des Kolmogorov-Smirnow-Tests und zur Bestätigung mittels des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung geprüft. Zur Auswertung der prä- und postoperativen Daten wurde aufgrund der bestehenden Asymmetrie der Daten der Permutationstest verwendet.²⁹ Um die prä- und postoperativen Werte der untersuchten Scores auszuwerten, haben wir, auf dem Zentral-Limit-Theorem basierend den unabhängigen bzw. abhängigen students t-Test verwendet. Anschließend erfolgt der Vergleich der Scores zwischen den beiden Gruppen mittels students t-Test, um mögliche Unterschiede und Vorteile aufzuzeigen. In der Literatur besteht das Bestreben, Ergebnisse verschiedener Operationsmethoden beim gleichen Krankheitsbild vergleichbarer zu machen, um diese besser bewerten zu können.^{69,113} Hierbei darf nicht vergessen werden, dass die Veränderung eines klinischen Messwertes nach einer Operation in der statistischen Auswertung eventuell eine Signifikanz erlangt, klinisch aber keine Relevanz hat.⁶⁹ Bei der alleinigen statistischen Betrachtung von Signifikanzen eines Scores vor und nach einer Therapie besteht die Gefahr, dass die Reproduktion von eigentlichen klinischen Verbesserungen nicht abgebildet wird.⁶³ Während in der Vergangenheit verschiedene Modelle erprobt worden sind wie beispielsweise Mittelwertvergleiche von Scores, versucht man heute für die gängigsten Scores eines Krankheitsbildes (Beispiel LSS: ODS, VAS-bp, VAS-lp, RMS, Gehstrecke) Werte des minimal klinisch relevanten Unterschiedes (engl.: Minimal clinical important difference: MCID) zu berechnen. Es gibt verschiedene Erhebungsstrategien (anchor-based, distribution-based, opinion-based und literature review). Der minimale klinische Unterschied wird definiert als die minimalste Veränderung eines Scores, bei der ein Patient einen Vorteil durch eine Therapie erlangt bei Minimierung der Nebenwirkungen und Kosten der Therapie.⁶³ Der MCID hat den Anspruch, patientenbezogener zu sein. Er dient dazu die Operationsmethoden in Kategorien von schlechtem bis sehr gutem Erfolg einzuteilen. Um die Werte des minimal klinisch relevanten Unterschieds zu definieren, werden die präoperativen Werte eines Scores mit den postoperativen Werten verglichen und ein Punktwert

festgelegt, bei dem sich der Score so verändert, dass es klinisch relevant ist. Anhand der so festgelegten Werte bestimmter Scores soll es möglich sein, das Ergebnis einer Operation besser beurteilen zu können. Momentan gibt es nur für einzelne Operationsmethoden und Scores spezifische MCIDs.⁶³ Wir verwenden in der vorliegenden Studie Cutoff- Werte, die sich an den MCIDs vorangegangener, vergleichbarer Studien orientieren ohne selbst einen MCID zu definieren. Ein weiteres Ziel dieser Studie ist es einen Gesamtscore zu definieren, anhand dessen die beiden Operationsmethoden bewertet und verglichen werden können. Einer der wichtigsten Kriterien bei der Bewertung einer Operationsmethode ist die Patientenzufriedenheit. Bei der degenerativen Spinalkanalstenose ist die Patientenzufriedenheit meist abhängig von der Linderung der Schmerzsymptomatik und der Verbesserung der Funktionalität im Alltag. Der von uns definierte Gesamtscore besteht aus Schmerzverbesserung in den Beinen, RMS-Score-Verbesserung und der Zufriedenheit der Patienten mit der jeweiligen Operationsmethode.⁸² Die Wahl der Messinstrumente zur Validierung von Schmerz und Funktionalität mittels VAS-Schmerz- Skala und des RMS-Scores sind in der Literatur häufig als verlässlich eingestuft.^{8,114,154} Eine Kombination dieser Scores erscheint bei der Bestrebung einen Gesamtscore zu formulieren deshalb als naheliegend. Hierfür wurden die Cutoff-Werte aus vergleichbaren Studien als Richtwerte verwendet und anhand dieser Cutoff-Werte für die vorliegende Studie ermittelt.¹⁶⁰ RMS: 5 Punkte, VAS lp: 1,2 Punkte, Zufriedenheit > 7 Punkte.^{69,141,160,184} Wir werteten es als Gesamterfolg, wenn mindestens zwei der Parameter mit Werten über dem jeweiligen Cutoff-Wert lagen. Es erfolgte anschließend ein Vergleich zwischen den beiden Gruppen.

Standards und Durchführung

Alle ethischen, rechtlichen und wissenschaftlichen Anforderungen an klinische Prüfungen wurden erfüllt. Vor der Teilnahme an der Studie wurde jeder Patient umfassend über den Untersuchungsablauf, rechtliche Grundlagen, ethische Voraussetzungen und Vertraulichkeit der Daten aufgeklärt. Es erfolgte eine ausführliche Erklärung über den jederzeit möglichen Ausstieg aus der Studie. Jeder Patient gab sein

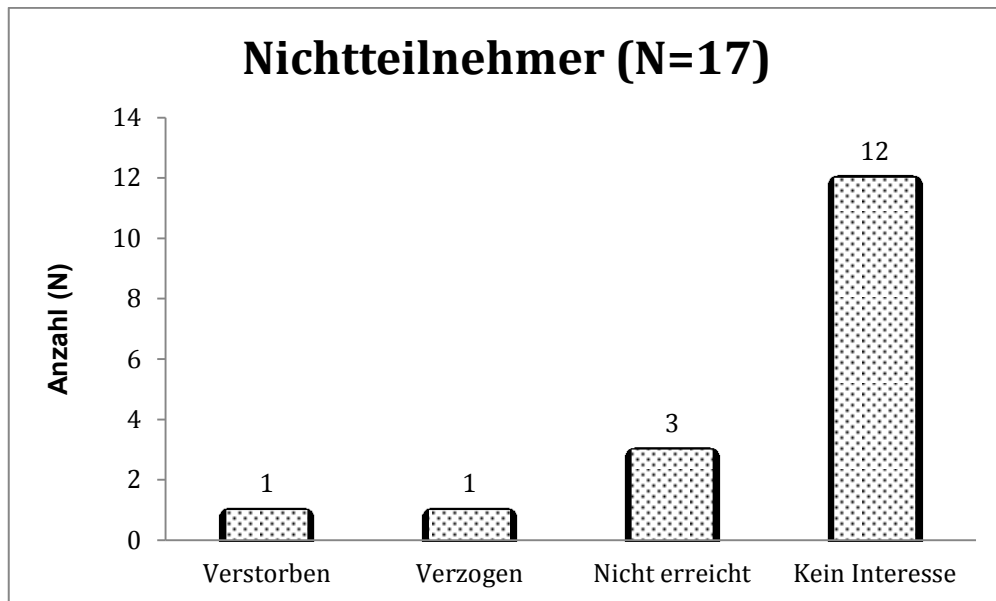
schriftliches Einverständnis zur Studienteilnahme. Die Studie war zu Beginn von der Ethik-Kommission der Universität Marburg genehmigt worden.

Ergebnisse

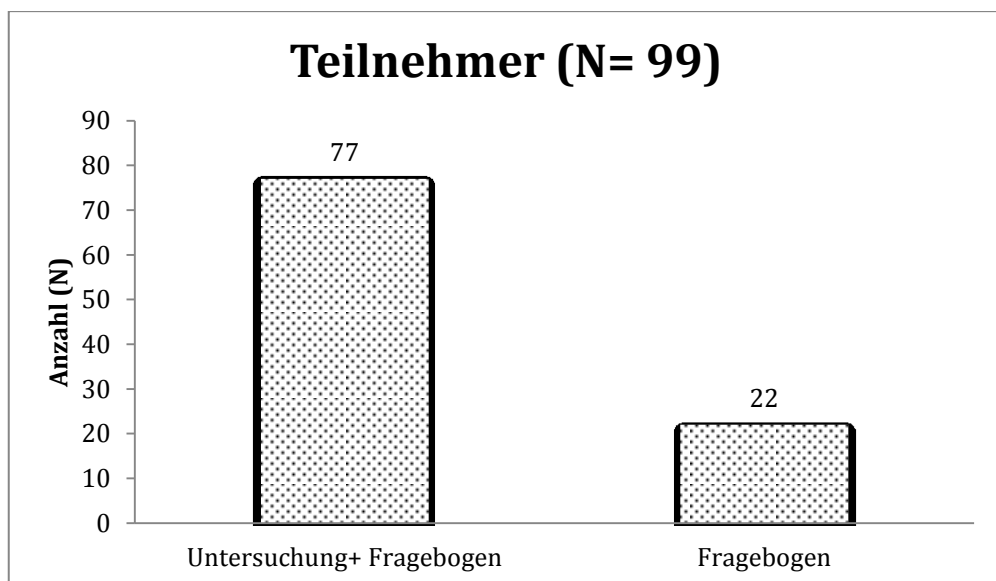
Patientenkollektiv

Anhand der OPS und ICD-Codes konnten insgesamt 234 Patienten identifiziert werden, die in den Jahren 2006 bis einschließlich 2008 an einer symptomatischen bilateralen degenerativen lumbalen Spinalkanalstenose mittels Laminotomie plus Undercutting bzw. mittels unilateraler Laminotomie operiert wurden. Anhand einer Zufallszahlentabelle wurde entsprechend den Vorgaben des Biomedizinischen Zentrums des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf zu Beginn der Studie eine Auswahl von 120 Patienten getroffen.

Die ausgewählten 120 Patienten wurden zur Teilnahme an der Studie telefonisch eingeladen. Bei Bereitschaft zur Teilnahme bekamen die Patienten eine schriftliche Einladung mit genauer Erläuterung der Studie per Post zugesandt. Der schriftlichen Einladung lagen die Fragebögen bei. Von den 120 eingeladenen Patienten nahmen 103 Patienten an der Studie teil. Die Rücklaufquote betrug 85%. Es stellte sich heraus, dass bei vier Patienten in mehr als einem Segment operiert worden waren, so dass sie bei der weiteren statistischen Auswertung ausgeschlossen wurden. Von den 17 Patienten, die nicht an der Nachuntersuchung teilnahmen, war ein Patient verstorben, 12 Patienten hatten kein Interesse, drei Patienten waren telefonisch nicht zu erreichen und ein Patient war unbekannt verzogen. Alle 99 Patienten beteiligten sich in Form der zugeschickten Fragebögen. Davon nahmen 77 an einer klinischen Nachuntersuchung und einer persönlichen Befragung teil. Die restlichen 22 Patienten beteiligten sich ausschließlich in Form des Fragebogens. Von den insgesamt 99 Patienten mit einer symptomatischen bilateralen degenerativen lumbalen Spinalkanalstenose wurden der Gruppe 1 (unilaterale Laminotomie mit Undercutting) $n=41$ und der Gruppe 2 (unilaterale Laminotomie) $n=58$ zugeordnet.



Graph 1: Anzahl (N) Nichtteilnehmer



Graph 2: Anzahl (N) Teilnehmer

Nachuntersuchungszeitraum

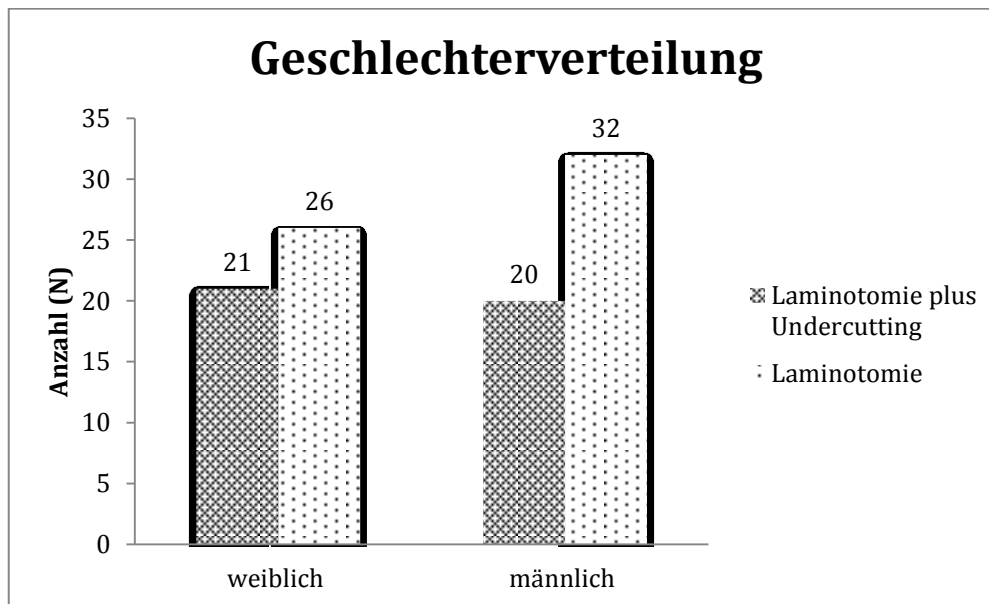
Der Mittelwert der Follow up-Zeit betrug 25 Monate. Der kürzeste Zeitraum zwischen Operation und Follow up betrug 7,4 Monate, der längste Zeitraum 41,3 Monate.

Patientencharakteristika

Tabelle 9: Soziodemographische Daten

Soziodemographische Daten	Laminotomie + Undercutting MW (±SD)	Laminotomie MW (±SD)
Soziodemographische Parameter		
Alter (Jahre)	65 (9.58)	65 (11.28)
Weibliches Geschlecht (%)	51	45
Body mass index prä OP (kg/m ²)	29.98 (3.93)	28.51 (4.49)
ASA Score (Median)	2 (1-5)	2 (1-4)
Berufstätig (%)	29	28
Rentner/Arbeitslos (%)	71	72
Krankheitsbezogene Parameter		
Dauer der Symptome (Monate)	17 (26.29)	32 (67.68)
Therapiebezogene Parameter		
Medikamentöse Vorbehandlung (%)	53	59
Physiotherapeutische Vorbehandlung (%)	75	71
Voroperation (%)	12	25
Operationszeit (Minuten)	34 (13.71)	37 (15.73)
Komplikationen (%)	10	17
Stationärer Aufenthalt (Nächte N)	2 (1.26)	2 (0,86)
Medikamentöse Nachbehandlung (%)	55	71
Physiotherapeutische Nachbehandlung (%)	100	95
Anschlussheilbehandlung (%)	28	31
Re-operationen (%)	10	16

Geschlechterverteilung

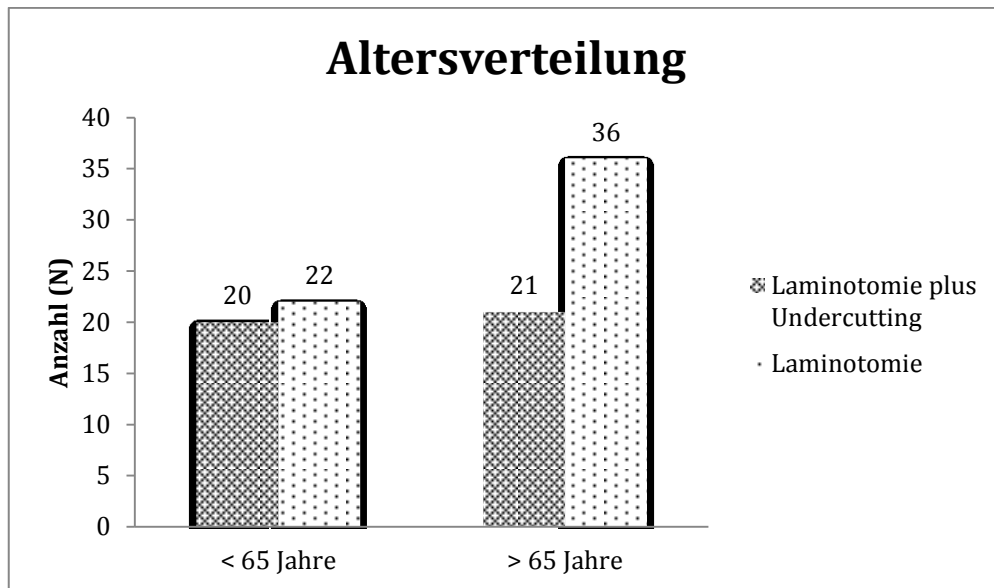


Graph 3: Anzahl (N) Geschlechterverteilung

Von den 99 teilnehmenden Patienten erhielten 41 Studienteilnehmer eine Laminotomie mit Undercutting. Diese teilen sich in 21 weibliche Patienten und 20 männliche Patienten auf. Das ergibt eine Verteilung von 51% an weiblichen Teilnehmern gegenüber 49% an männlichen Teilnehmern. 58 Studienteilnehmer erhielten eine Laminotomie ohne Undercutting. Davon waren 45% weiblich und 55% männlich.

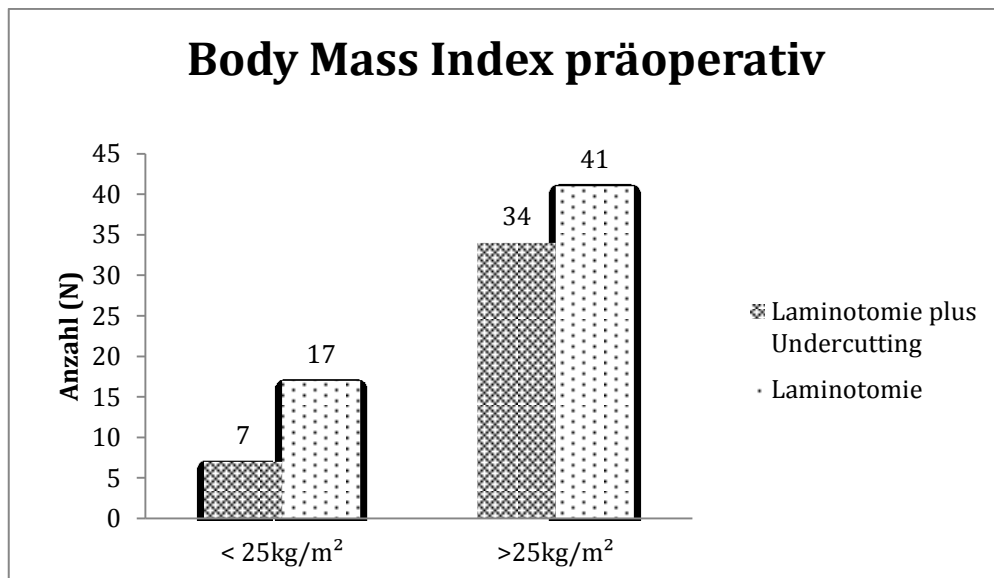
Altersverteilung

In beiden Gruppen war das Alter der Patienten vergleichbar. Die Patienten, die eine Laminotomie mit Undercutting erhielten, waren zu Beginn der Studie im Durchschnitt etwa 65 Jahre alt (MW: 64,94; SD: 9,58). Der jüngste Patient war 43, der älteste Patient 83 Jahre alt. Die Patienten, die eine unilaterale Laminotomie erhielten, waren zu Beginn der Studie im Mittel ebenfalls 65 Jahre alt (MW: 64,89 SD: 11,28). In dieser Gruppe erstreckt sich das Alter von 21 Jahren bis 83 Jahren. Die teilnehmenden Frauen waren im Mittel etwas jünger als die Männer (Median Frauen: 65 Jahre, Median Männer 67 Jahre).



Graph 4: Anzahl N Altersverteilung

Body Mass Index (BMI)



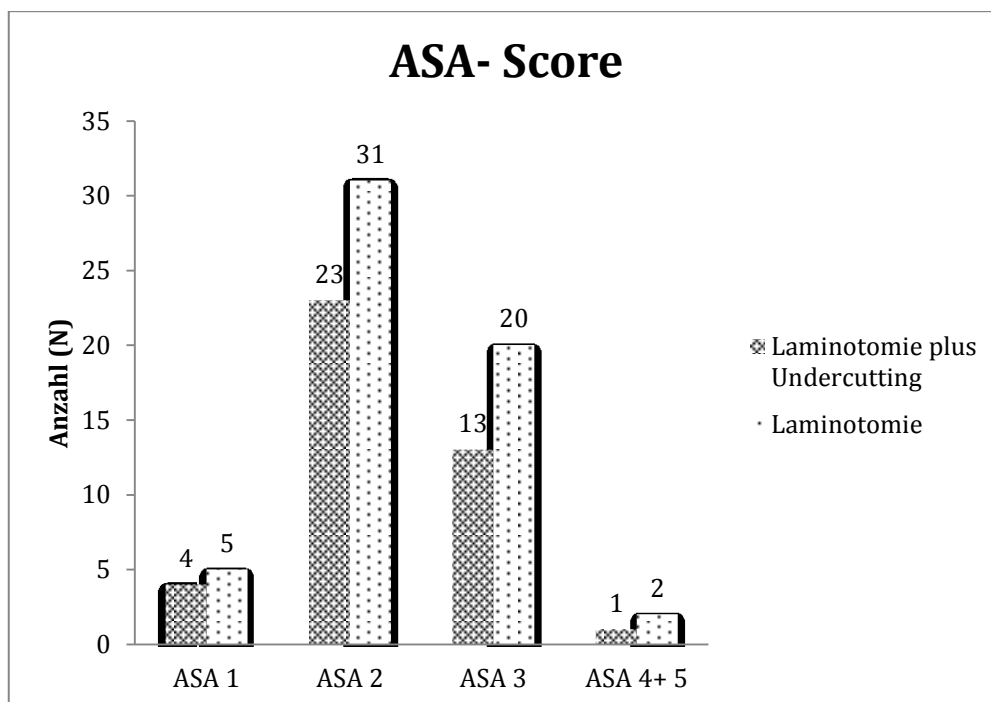
Graph 5: Anzahl (N) BMI präoperativ

Der Mittelwert des Body Mass Index betrug vor der Operation in der Gruppe 1: 29,98 kg/m² (SD: 3,93). Der niedrigste BMI war 22 kg/m², der höchste 40 kg/m². In der Gruppe 2 betrug der BMI vor der Operation 28,51 kg/m² (SD: 4,49). Der niedrigste BMI war 20 kg/m², der höchste 39 kg/m². Der BMI nach der Operation betrug in der Gruppe 1 im Mittel 28,63 kg/m² (SD: 4,27). In der Gruppe 2 war der BMI postoperativ

im Durchschnitt 28,43 kg/m² (SD: 5,28). Der BMI unterscheidet sich zwischen den Gruppen weder präoperativ noch postoperativ signifikant voneinander (p=0,51 bzw. (p=0,62).

ASA-Klassifizierung

Präoperativ wurden die Patienten von einem Anästhesisten mittels des American Society of Anesthesiologists Scores (ASA) bezüglich ihres Operationsrisikos eingeschätzt. Der Median des ASA- Scores lag in beiden Gruppen bei 2 (IQR 2-3). In der Gruppe 1 hatten 10% des Patientenkollektivs einen Wert von 1, 56% der Patienten hatten einen Wert von 2 und 32% einen Wert von 3. Keiner der Patienten hatte einen Wert von 4 und 2% der Patienten hatten einen Wert von 5. In der Gruppe 2 hatten 9% einen Wert von 1, 53% der Patienten hatten einen Wert von 2 und 35% einen Wert von 3. Weiterhin hatten 3% der Patienten einen Wert von 4 und kein Patient hatte einen Wert von 5. Die Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant bezüglich des ASA-Scores (p=0,81).



Graph: 6: Anzahl (N) ASA-Score

Beschäftigungsgrad/ Dauer der Arbeitsunfähigkeit

Zum Zeitpunkt der Operation waren 71 (72,8%) der Patienten nicht berufstätig. 29 der nicht berufstätigen Patienten gehören zur Gruppe 1 und 42 zur Gruppe 2. Es wurde nicht unterschieden, ob die Patienten im Ruhestand oder arbeitslos waren. 28 (27,2%) der Patienten waren berufstätig (Gruppe 1 N= 12, Gruppe 2 N= 16). Die Dauer der krankheitsbedingten Arbeitsunfähigkeit unter den Berufstätigen war im Mittel 7,96 (SD: 7,94) Wochen. In der Gruppe 1 waren es im Durchschnitt 6,5 (SD:6,68)Wochen, in der Gruppe 2 wiederum 9,1(SD:8,87) Wochen ($p=0,4$).

Krankheitsbezogene Parameter

Krankheitsdauer

Die Patienten hatten vor der Operation im Mittel 23 Monate Beschwerden. Die Dauer der Beschwerden variiert von akut mit weniger als einem Tag Beschwerden bis zu 30 Jahren chronischer Beschwerden. In der Gruppe 1 war die Dauer der Beschwerden tendenziell kürzer (17 Monate) als in der Gruppe 2 (32 Monate), jedoch ohne Signifikanz ($p=0,14$). Die Dauer der Symptome bei Patienten unter 65 Jahren beträgt im Mittel drei Jahre. Die Patienten im Alter von über 65 Jahren haben hingegen im Durchschnitt eine signifikant kürzere Leidensdauer von etwa einem Jahr ($p= 0,03$). Frauen haben im Mittel eine Leidensdauer von etwa 2,5 Jahren. Diese ist deutlich, aber nicht signifikant ($p= 0,18$) kürzer als die Leidensdauer der Männer, welche im Mittel 1 Jahr und 4 Monate beträgt. Patienten mit einem BMI $< 25\text{kg/m}^2$ haben eine Leidensdauer von durchschnittlich 3 Jahren. Patienten mit einem BMI $>25\text{kg/m}^2$ haben eine deutliche, aber nicht signifikant kürzere Leidensdauer von 1,5 Jahren ($p= 0,29$).

Therapiebezogene Parameter

Vor-/ Nachbehandlung

Die Anzahl der Patienten mit physiotherapeutischer Vorbehandlung betrug 74 (73,8%). 25 Patienten (26,2%) wurden präoperativ nicht physiotherapeutisch behandelt. In der Gruppe 1 erhielten 32 Patienten (75%) Physiotherapie, in der Gruppe 2 42

Patienten (71%) ($p=0,65$). Bei den nicht physiotherapeutisch vorbehandelten Patienten handelt es sich vorwiegend um akute Beschwerdegesehnisse. Eine medikamentöse Vorbehandlung bekamen 55 Patienten (56,3%) (Gruppe 1 53%, Gruppe 2 59%, $p=0,29$). 44 Patienten (43,7%) erhielten keine medikamentöse Vorbehandlung. Die medikamentöse Vorbehandlung umfasste die Einnahme von Opiaten und Nichtopiaten, ISG-Infiltrationen, Facettengelenkblockaden sowie Denervation. 20 Patienten waren im Lendenwirbelbereich voroperiert (21,3%) (Gruppe 1 $N=5$, 12%; Gruppe 2 $N=15$, 25%). Eine medikamentöse Nachbehandlung bekamen 63 Patienten (66%) (Gruppe 1 55%, Gruppe 2 71%). Postoperativ bekamen 96% eine ambulante Physiotherapie (Gruppe 1 $N=41$, Gruppe 2 $N=55$). 28,2% (Gruppe 1 28%, Gruppe 2 31%) der Patienten unterzogen sich einer stationären Anschlussheilbehandlung ($p=0,59$).

Segmente

Das am häufigsten operierte Segment war in beiden Gruppen Segment L4/L5 (Gruppe 1 85%, Gruppe 2 58%). Das am zweithäufigsten operierte Segment in Gruppe 1 war Segment L3/L4 (19%) und in Gruppe 2 Segment L5/S1 (19%).

Operationszeit

Der Mittelwert der ausschließlichen Operationszeit betrug in Gruppe 1 34 (SD: 13,71) Minuten und in der Gruppe 2 37 (SD: 15,73) Minuten. Die kürzeste Operation in der Gruppe 1 dauerte 18 Minuten, die längste Operation 86 Minuten. In der Gruppe 2 betrug die kürzeste Operationszeit 17 Minuten und die längste 79 Minuten. Zwischen den Gruppen gibt es bezüglich der Operationszeit keinen signifikanten Unterschied ($p=0,37$). Normalgewichtige Patienten hatten tendenziell ($p=0,085$) eine kürzere Operationszeit als übergewichtige Patienten.

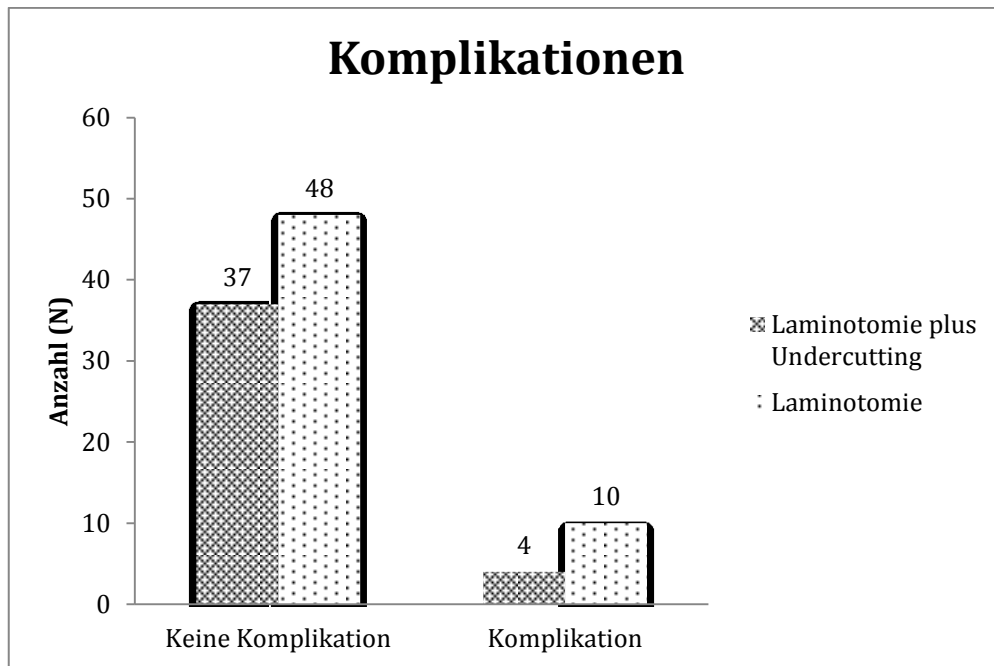
Stationärer Aufenthalt

Der durchschnittliche Zeitraum des stationären Aufenthalts gemessen an der Anzahl der Nächte, die postoperativ im Krankenhaus verbracht werden musste, betrug insgesamt 1,7 (SD: 0,86) Nächte (Gruppe 1: 2 (SD: 1,26) Nächte, Gruppe 2: 2 (SD: 0,86) Nächte). Der kürzeste stationäre Aufenthalt betrug eine Nacht. Der längste benötigte stationäre Aufenthalt betrug vier Nächte. Bei diesem Patienten war

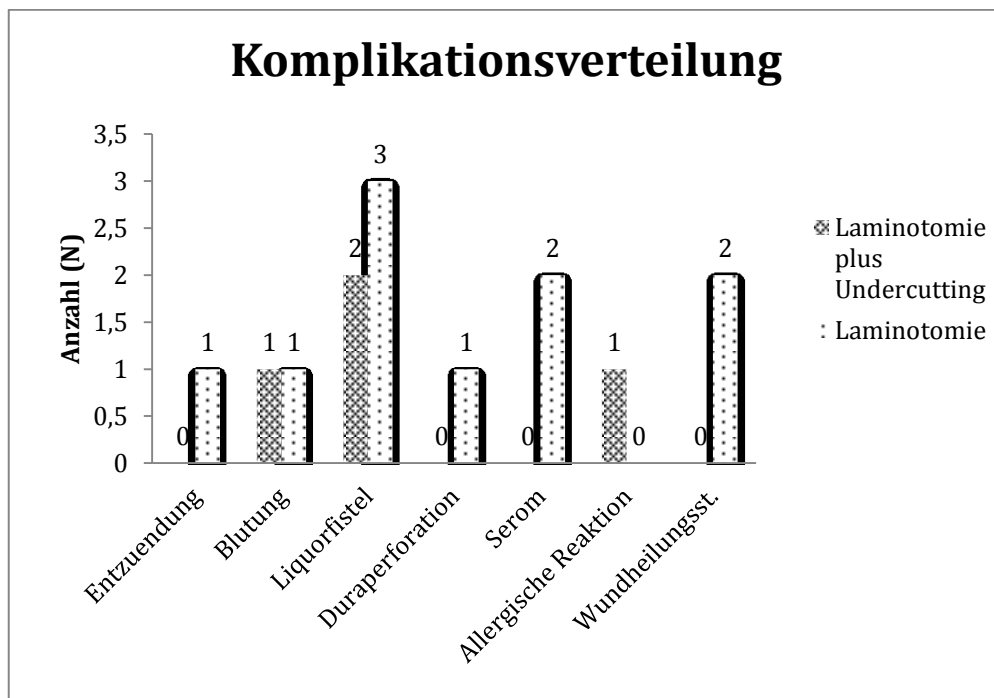
intraoperativ eine Liquorfistel aufgetreten. Der Unterschied der stationären Verweildauer postoperativ ist zwischen den Operationsgruppen nicht signifikant ($p=0,84$). Jüngere Patienten hatten einen signifikant ($p=0,02$) kürzeren Klinikaufenthalt (Mittlere Differenz: 0,53 Nächte).

Komplikationen

85 Patienten (85,9%) blieben insgesamt komplikationslos. Bei 14 Patienten traten Komplikationen auf (14,1%). Davon traten bei vier Patienten der Gruppe 1 und bei 10 Patienten der Gruppe 2 während bzw. nach der Operation Komplikationen auf. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist nicht signifikant ($p=0,051$). Die häufigste Komplikation war die Entwicklung einer Liquorfistel (4,9%). Blutungen, Serome und sekundäre Wundheilungsstörungen hatten je 1,9% der Patienten. Bei je einem Prozent der Patienten kam es zu Entzündungen und allergischen Reaktionen. Verletzungen von großen Blutgefäßen traten nicht auf. Bei keinem Patienten musste während oder nach der Operation ein Erythrozyten-Konzentrat transfundiert werden. Wobei der perioperative Blutverlust nicht ermittelt, sondern der postoperative laborchemische Hämoglobin-Wert der Patienten zur Indikationsüberprüfung verwendet wurde. Bei der Gruppe 1 traten bei je einem Patienten perioperativ eine Blutung, eine allergische Reaktion und bei zwei Patienten eine Liquorfistel auf. In der Gruppe 2 hatten drei Patienten eine Liquorfistel, je zwei Patienten ein Serom oder eine Wundheilungsstörung und je ein Patient eine Entzündung, eine Blutung oder eine Duraperforation.



Graph 7: Anzahl (N) Komplikationen



Graph 8: Anzahl (N) Komplikationsverteilung

Reoperationen

10 Patienten wurden im Untersuchungszeitraum reoperiert. Das entspricht einer Reoperationsrate von ca. 1:10 oder 11%. Hiervon gehören vier Patienten zur Gruppe 1 (10%) und sechs Patienten zur Gruppe 2 (16%). Es besteht eine Signifikanz bezüglich der Reoperationsrate zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 ($p=0,04$).

Vergleich von prä- und postoperativer Funktion und Schmerz

Funktion

Tabelle 10: Gruppe 1: Vergleich präoperativer und postoperativer Scores + Gehstrecke in Metern aufgeteilt in Kategorien 1-5 (1= 0-100m, 2=100-500m, 3=500-1000m, 4=>1000m, 5=keine Einschränkung)

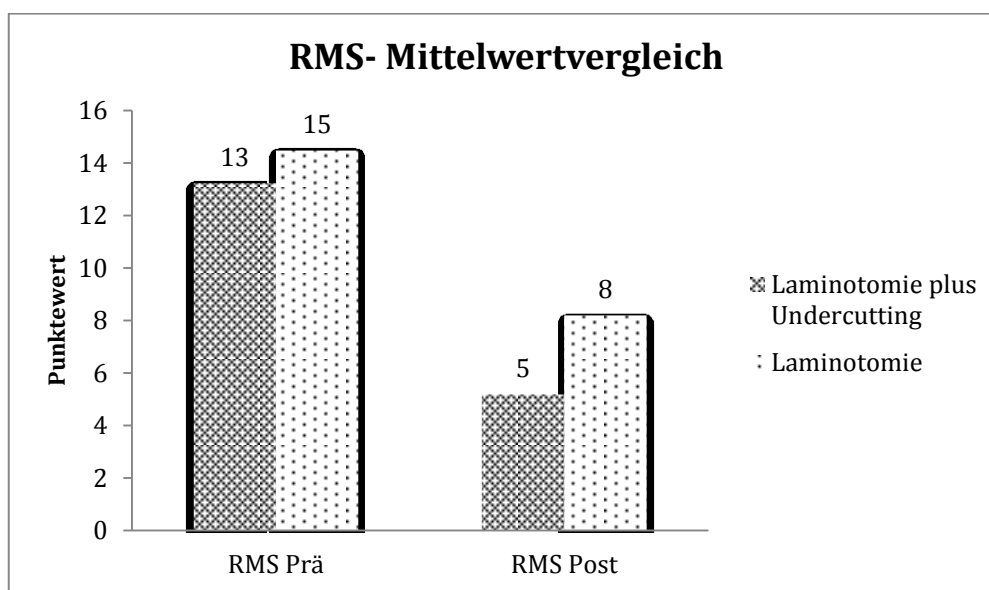
Scores (in Punkten/ %)	Prä OP MW (\pm SD)	Post OP MW (\pm SD)	Mittlere Differenz	p- Wert
ODS	45.8(21.2)	22.52 (20.16)	23.28	<0.001
VAS Rücken	7.43 (2.38)	3.30 (2.72)	4.13	<0.001
VAS Bein rechts	4.67 (3.63)	2.23 (2.68)	2.44	<0.002
VAS Bein links	5.00 (3.46)	2.72 (2.92)	2.28	<0.002
RMS	13.23(5.92)	5.18 (6.09)	8.05	<0.001
Gehstrecke	2.30 (1.29)	3.90 (1.03)	1.60	<0.001

Tabelle 11: Gruppe 2: Vergleich präoperativer und postoperativer Scores + Gehstrecke in Metern aufgeteilt in Kategorien 1-5 (1= 0-100m, 2=100-500m, 3=500-1000m, 4=>1000m, 5=keine Einschränkung)

Scores (in Punkten/ %)	Prä OP MW (\pm SD)	Post OP MW (\pm SD)	Mittlere Differenz	p- Wert
ODS	52.54 (18.60)	29.03 (22.11)	23.51	<0.001
VAS Rücken	7.71 (1.89)	3.85 (2.95)	3.86	<0.001
VAS Bein rechts	4.02 (3.67)	2.36 (3.13)	1.66	<0.001
VAS Bein links	4.10 (3.72)	1.88 (2.85)	2.22	<0.001
RMS	14.48 (5.42)	8.19 (6.58)	6.29	<0.001
Gehstrecke	1.98 (1.21)	3.41 (1.02)	1.43	<0.001

Roland Morrison Score

Vor der Operation hatte der Roland Morrison Score der in Gruppe 1 untersuchten Patienten einen Mittelwert von 13,23 (SD: 5,92) Punkten. Nach der Operation liegt der Mittelwert des RMS in Gruppe 1 bei 5,18 (SD: 6,09) Punkten. Im Vergleich zum präoperativen Wert beträgt die mittlere Differenz zum postoperativen Wert 8,05 Punkte. In Gruppe 2 betrug der präoperative Wert 14,48 (SD: 5,42). Der postoperative Wert lag bei 8,19 Punkten (SD: 6,58). Die mittlere Differenz beträgt 6,29 Punkte. Die Funktionalität gemessen am RMS verbessert sich durch die Operation in beiden Gruppen signifikant ($p < 0,001$). Die präoperativen Werte des RMS Scores unterscheiden sich zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant ($p > 0,05$). Die postoperativen Werte sind zugunsten der Gruppe 1 signifikant unterschiedlich ($p = 0,037$).

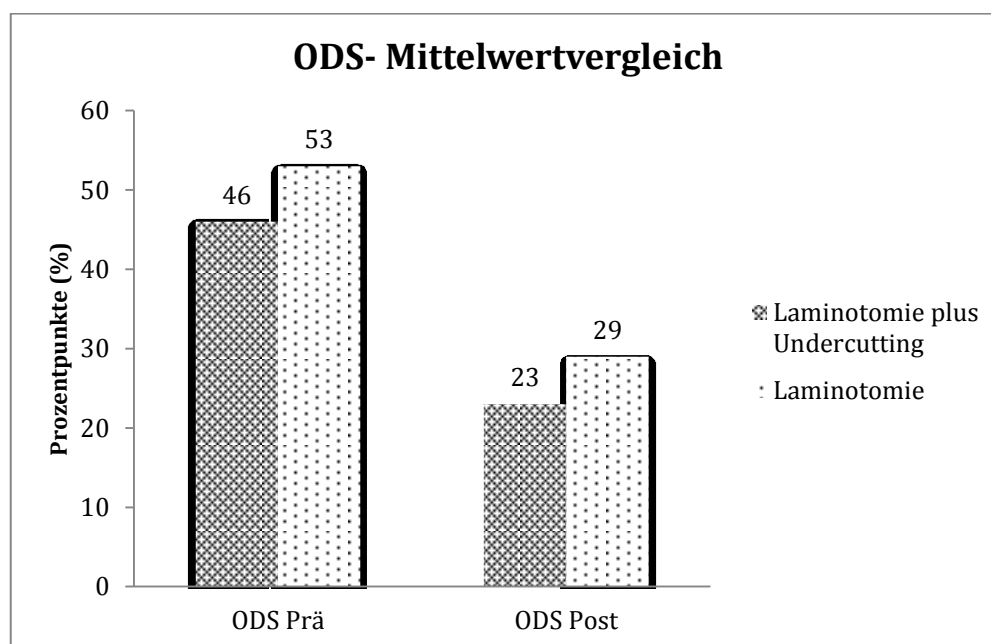


Graph 9: Punktwertvergleich Roland Morrison Score prä- und postoperativ

Bezüglich des für den RMS festgelegten Cutoff-Wertes von 5 Punkten haben 25 Patienten (63%) der Gruppe 1 und 34 (57%) der Gruppe 2 ein signifikant erfolgreiches klinisches Ergebnis. Die prä- und postoperativen Werte des RMS- Wertes unterscheiden sich unter Berücksichtigung des Cutoff-Wertes zwischen den Gruppen nicht signifikant ($p > 0,05$).

Oswestry Disability Score

In der Studie beträgt der Mittelwert des ODS in der Gruppe 1 vor der Operation 46% (SD 21,20). In der Gruppe 2 beträgt der Mittelwert des ODS vor der Operation 53% (SD: 18,60). Das bedeutet, dass bei etwa der Hälfte der untersuchten Patienten aufgrund der Rückenbeschwerden präoperativ durchschnittlich eine schwere Behinderung der Funktionalität im Alltag bestand. Nach der Operation beträgt der ODS-Score in der Gruppe 1 23% (SD: 20,16) und in der Gruppe 2 im Mittel 29% (SD: 22,11%). Im Vergleich zum präoperativen ODS-Wert entspricht das in der Gruppe 1 im Mittel einem Unterschied von 23%, in der Gruppe 2 von 24%. Die Funktionalität gemessen am ODS verbessert sich durch die Operation in beiden Gruppen signifikant ($p < 0,001$). Die Gruppen unterscheiden sich bezüglich der präoperativen und postoperativen ODS-Werte nicht signifikant ($p = 0,12$ bzw. $p = 0,10$).

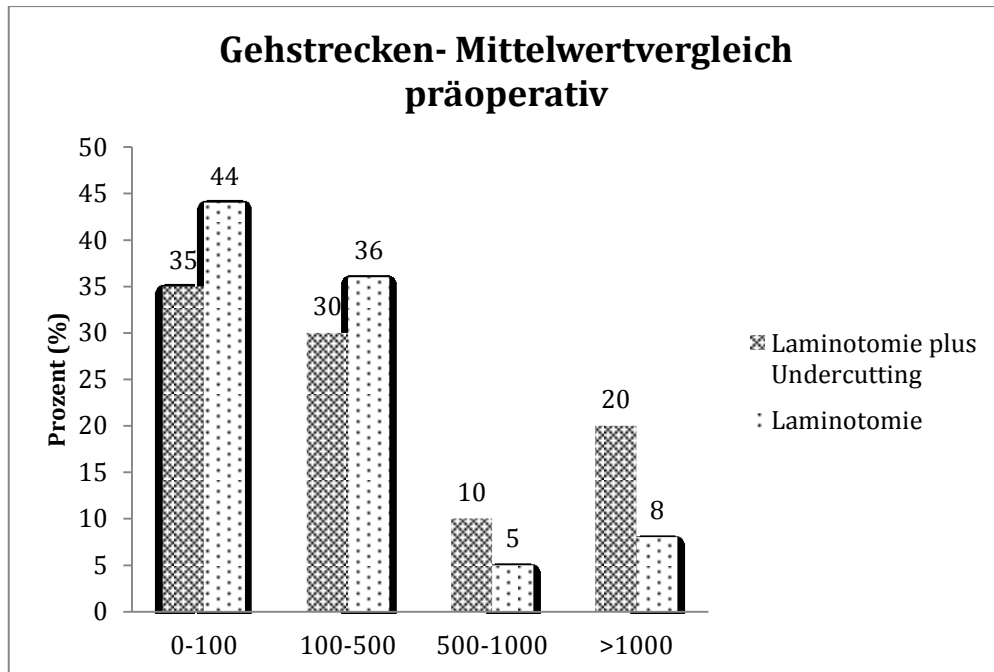


Graph 10: Prozentpunktvergleich (%) Oswestry Disability Score prä- und postoperativ

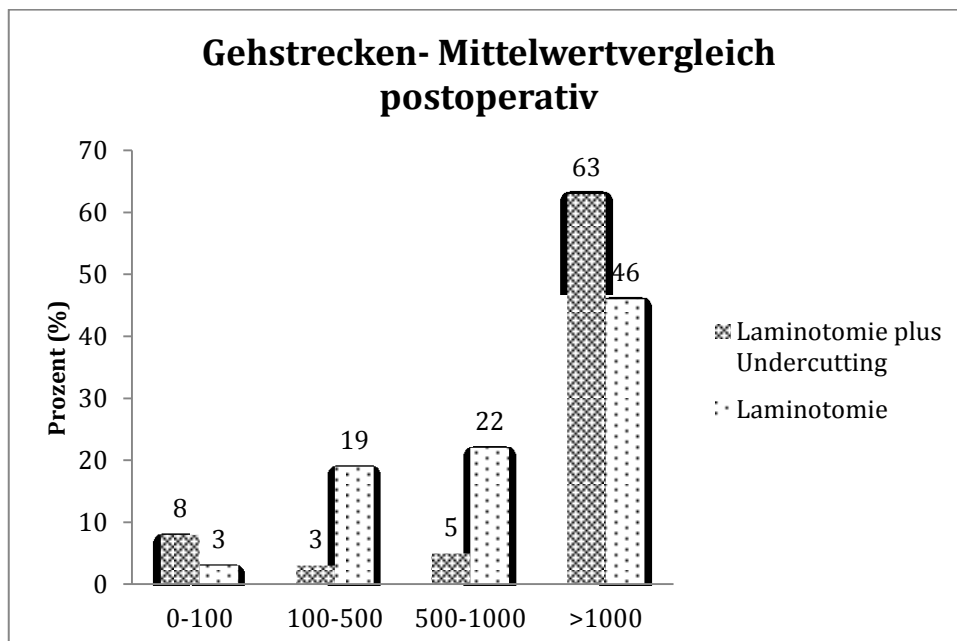
Bezüglich des festgelegten Cutoff-Wertes von 15%¹⁴⁶ haben in der Gruppe 1 26 Patienten (61,9%) ein signifikant erfolgreiches klinisches Ergebnis nach der Operation. In der Gruppe 2 haben 33 Patienten (54,1%) eine Verbesserung erfahren. Der Unterschied zwischen den beiden unterschiedlichen Operationen ist unter Berücksichtigung des Cutoff-Wertes nicht signifikant ($p > 0,05$).

Gehstrecke

In Gruppe 1 lag die mittlere Gehstrecke vor der Operation bei 100-500m, nach der Operation bei > 1000m. In der Gruppe 2 lag die präoperative Gehstrecke im Mittel zwischen 0-100 Metern, postoperativ betrug die Gehstrecke im Mittel > 1000m. Die Gehstreckenverbesserung war in beiden Gruppen signifikant ($p < 0,001$).



Graph 11: Gehstreckenvergleich präoperativ: Prozent (%)



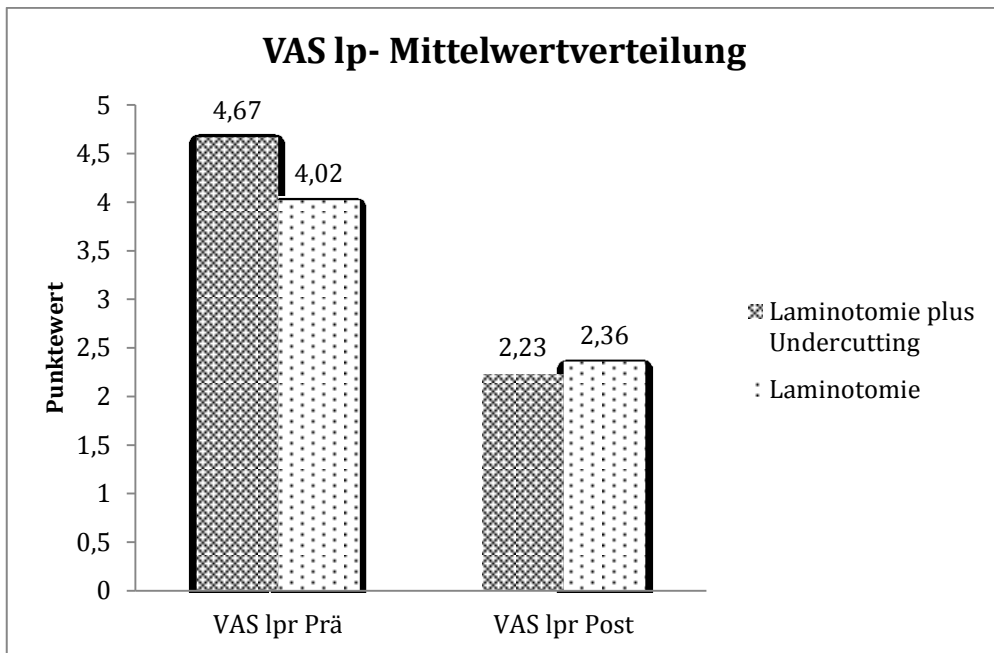
Graph 12: Gehstreckenvergleich postoperativ: Prozent (%)

Die Operation war bezüglich des festgelegten Cutoff-Wertes für die Gehstreckenverbesserung von $> 1000\text{m}$ für 34 Patienten (85%) der Gruppe 1 und 33 Patienten (56%) der Gruppe 2 erfolgreich. Die Gehstreckenverbesserung ist zugunsten der Gruppe 1 signifikant ($p = 0,03$) unterschiedlich.

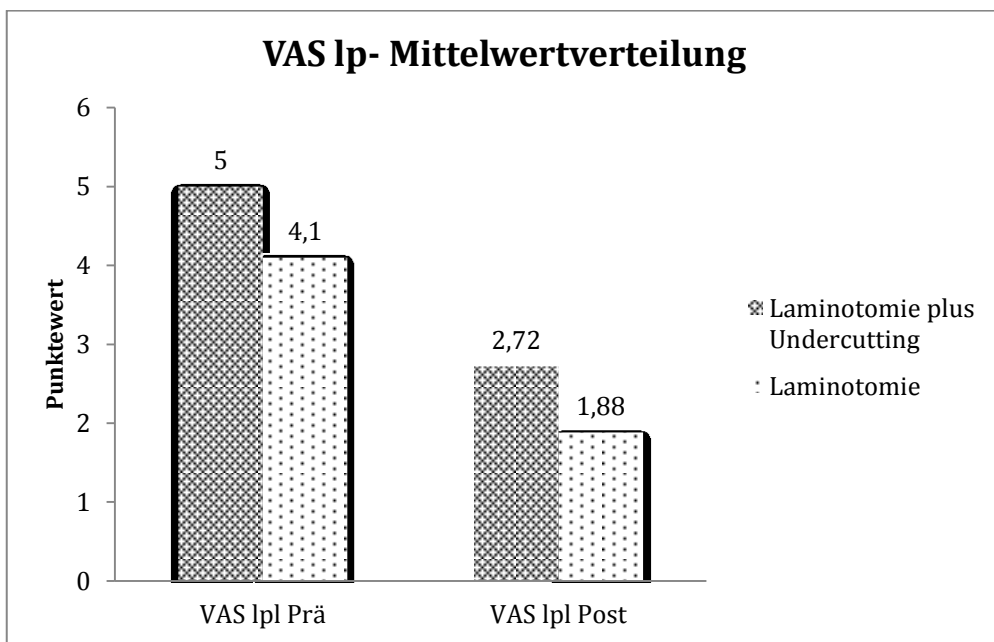
Schmerz

Visuelle Analog Skala für Schmerzen in den Beinen

Die Patienten der Gruppe 1 gaben vor der Operation bezüglich ihrer Schmerzen in den Beinen für das rechte Bein einen durchschnittlichen Wert von 4,67 (SD 3,63) Punkten an. Der Mittelwert der Schmerzen im rechten Bein nach der Operation betrug 2,23 (SD: 2,68) Punkte. Das entspricht einer durchschnittlichen Verbesserung von 2,44 Punkten. Die Verbesserung der Schmerzen im Bereich des rechten Beines durch die Operation ist signifikant ($p < 0,002$). Die Schmerzen im linken Bein in Gruppe 1 verbesserte sich ebenfalls signifikant ($p < 0,002$) von 5,00 (SD: 3,46) auf 2,72 (SD: 3,20) Punkte. Die Patienten der Gruppe 2 gaben vor der Operation bezüglich ihrer Schmerzen in den Beinen für das rechte Bein im Mittel einen Wert von 4,02 (SD 3,67) Punkten an. Der Mittelwert der Schmerzen im rechten Bein nach der Operation betrug 2,36 (SD: 3,13) Punkte. Das entspricht einer durchschnittlichen Verbesserung von 1,66 Punkten. Die Verbesserung der Schmerzen im Bereich des rechten Beines durch die Operation ist signifikant ($p < 0,003$). Die Schmerzen im linken Bein in Gruppe 2 verbesserte sich ebenfalls signifikant ($p < 0,002$) von 4,1 (SD: 3,72) Punkten auf 1,88 (SD: 2,85) Punkte. Zwischen den beiden Gruppen gab es bezüglich der Schmerzen in den Beinen prä- und postoperativ keinen signifikanten Unterschied.



Graph 13: Punktwertvergleich Visuelle Analog Skala für Schmerzen im rechten Bein prä- und postoperativ

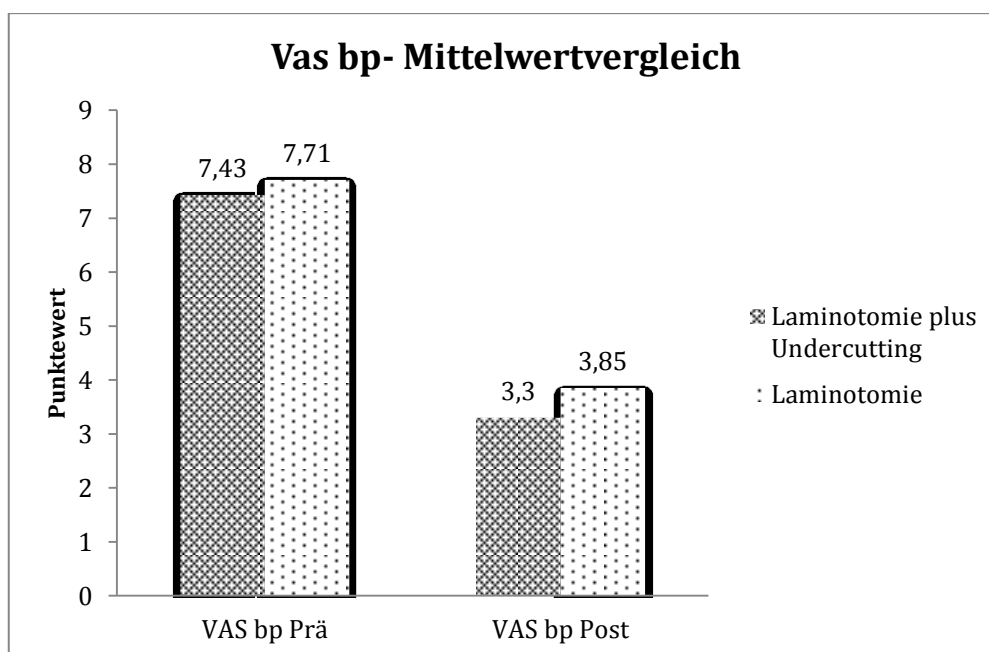


Graph 14: Punktwertvergleich Visuelle Analog Skala für Schmerzen im linken Bein prä- und postoperativ

Für 27 Patienten (68%) in Gruppe 1 und 34 (58%) in Gruppe 2 war die Operation bei festgelegtem Cutoff-Wert für VAS lp von 1,2 Punkten eine signifikante Verbesserung. Es lag kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der Verbesserung der Schmerzsymptomatik in den Beinen vor.

Visuelle Analog Skala für Schmerzen im Rücken

Die Patienten der Gruppe 1 gaben vor der Operation bezüglich ihrer Rückenschmerzen im Mittel einen Wert von 7,43 (SD 2,38)Punkten an. Der Mittelwert der Schmerzen nach der Operation betrug 3,30 (SD: 2,72) Punkte. Das entspricht einer durchschnittlichen Veränderung von 4,13 Punkten. In der Gruppe 2 war das Mittel der präoperativen Werte 7,71 (SD: 1,89) und der postoperativen Werte 3,85 (SD:2,95). Die mittlere Differenz betrug 3,86. Die Verbesserung der Rückenschmerzen durch die Operation ist in beiden Gruppen signifikant ($p < 0,001$). Die prä- und postoperativen Werte des VAS bp unterscheiden sich zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant. ($p > 0,05$).



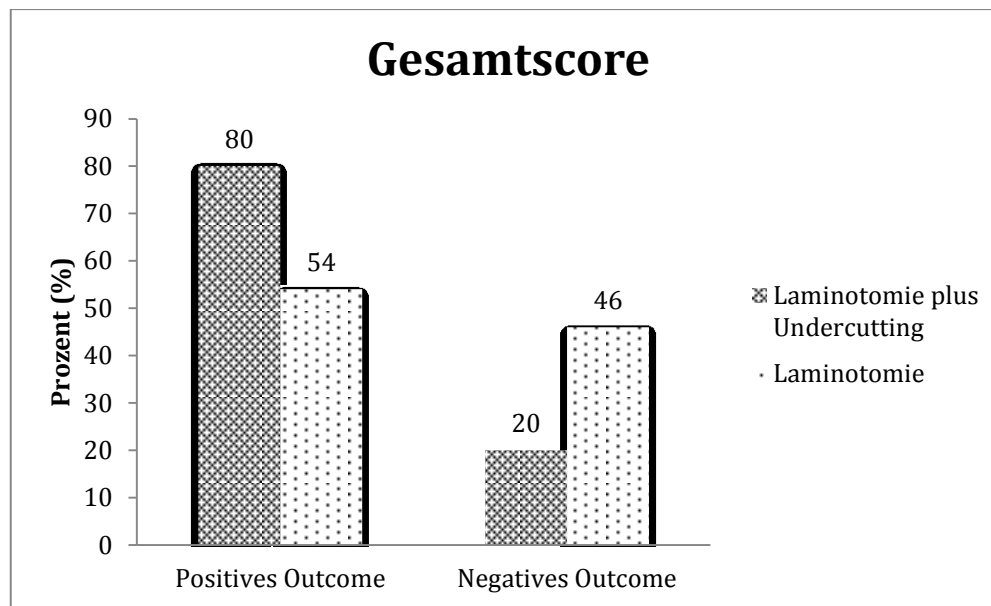
Graph 15: Punktwertvergleich Visuelle Analog Skala für Schmerzen im Rücken prä- und postoperativ

Bei 30 Patienten (75%) der Gruppe 1 und 34 Patienten (58%) der Gruppe 2 wurde durch die Operation bei festgelegtem Cutoff-Wert für VAS bp von 2,5 Punkten eine signifikante Verbesserung erzielt. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist nicht signifikant ($p > 0,05$).

Kann man den Erfolg mittels eines Gesamtscores nachvollziehen?

Unter Berücksichtigung des für diese Studie erstellten Gesamtscores haben in der Gruppe 1 80% und in der Gruppe 2 54% der Patienten ein positives Outcome. Der

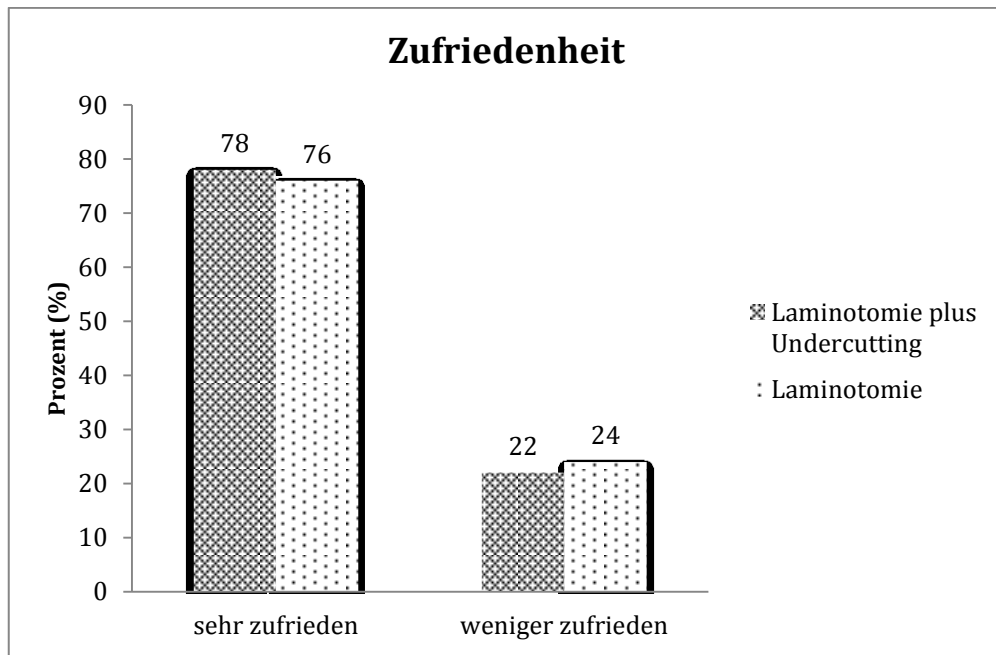
Gesamtscore setzt sich, wie oben erläutert, aus den jeweiligen Cutoff-Werten der Scores RMS, Zufriedenheit und VAS Ip zusammen. Es wurde als positiver Gesamtergebnis gewertet, wenn mindestens zwei der Scores über dem jeweiligen Cutoff-Wert des Scores lagen. Es besteht ein zugunsten Gruppe 1 signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p=0,01$) bezüglich des Gesamtscores.



Graph 16: Prozentwert Gesamtscore

Sind Patienten mit degenerativer Spinalkanalstenose mit dieser Operationstechnik zufrieden?

In der Gruppe 1 betrug die mediane Zufriedenheit 8 (Range 0-10) Punkte. 31 Patienten (78%) waren mit der Operation sehr zufrieden. In der Gruppe 2 betrug die mittlere Zufriedenheit ebenfalls 8 (Range 1-10) Punkte. 45 Patienten (76%) waren mit der Operation sehr zufrieden. Die Zufriedenheit zwischen den Gruppen ist vergleichbar ($p=0,73$).



Graph 17: Prozentwert Zufriedenheit mit der Operation

Diskussion

Nach Herz-Kreislaufkrankungen (15%), Erkrankungen des Verdauungssystems (14%) und psychischen Erkrankungen (11%) entstehen 11% (26,6 Milliarden Euro) der Gesundheitskosten des deutschen Gesundheitssystems durch Muskel- und Skeletterkrankungen.⁶⁵ Rückenschmerzen machen davon etwa ein Drittel aus. Der tiefe Rückenschmerz wird in der Literatur als das Gesundheitsproblem des 21. Jahrhunderts beschrieben.⁶⁸ Schon heute werden Rückenschmerzen merklich zu einem gesellschaftlich ökonomischen Problem: So stehen Rückenschmerzen in Deutschland als Grund für Erwerbsunfähigkeitstage an erster Stelle.⁷ Sie machen 7% der Neuzugänge der Erwerbsunfähigkeitsrente und 23% aller Fälle stationärer Rehabilitationsmaßnahmen aus.⁶⁵

Allgemein kann man zwischen spezifischen (15%) und unspezifischen Rückenbeschwerden (85%) unterscheiden. Für die lumbale Spinalkanalstenose (M48.06), die zu den spezifischen Rückenschmerzen zählt, konnte eine Verdopplung der kodierten Fälle in sechs Jahren verzeichnet werden. So wurden in der jüngsten Gesundheitsberichterstattung des Bundes (2012) 55.793 kodierte Fälle erfasst. Im Vergleich dazu waren es 2005 noch 28.001 kodierte Fälle.²⁴ In der Studie von Deyo et al.⁴⁹ wird bis zum Jahr 2025 von einer steigenden Prävalenz der Erkrankung um 59% ausgegangen. Das bedeutet etwa 64 Millionen ältere Menschen sollen bis dahin unter einer symptomatischen Spinalkanalstenose leiden. Die lumbale Spinalkanalstenose ist ein Krankheitsbild, das überwiegend ältere Patienten betrifft. Dank der steigenden Lebenserwartung wächst der Anspruch der älteren Menschen an Mobilität im Alltag. Das Anheben des Rentenalters in der Bundesrepublik macht eine Evaluierung von Präventionsmöglichkeiten und Therapieoptimierung degenerativer Krankheitsbilder auch für den Arbeitsmarkt unumgänglich. Die Spinalkanalstenose ist einer der häufigsten Gründe für Wirbelsäulenoperationen.^{75,190} Sie ist keine Erkrankung, die mit einer akuten Lebensbedrohung einhergeht. Das tägliche Leben und die Aktivität der Betroffenen ist durch andauernde Schmerzen jedoch massiv eingeschränkt.⁷³ Oft ist die Verrichtung alltäglicher Aufgaben und Beschäftigungen nicht mehr möglich. Die Art der Therapie und die verschiedenen möglichen Operationsverfahren werden noch immer kontrovers diskutiert.⁹⁰ Es ist unumstritten, dass bei Schmerzaggravation,

motorischem Defizit, sensiblem Defizit und Beinschmerzen die operative Therapie der Konservativen überlegen und meist unverzichtbar ist.^{126,134,157} Neben konventionellen Dekompressionsoperationen wie Laminektomien mit oder ohne Fusion gibt es mittlerweile eine Vielzahl an weniger invasiven Operationsverfahren. Beispielsweise spielen heute dekomprimierende Implantate, mikroendoskopische Verfahren oder die minimalinvasive bilaterale Laminotomie über einen unilateralen Zugang eine Rolle. Der Trend zu wenig invasiven Therapietechniken bei der LSS hat mittlerweile eine lange Entstehungsgeschichte. Ziel ist es eine adäquate Dekompression zu erreichen, ohne die Stabilität zu gefährden. Es wird versucht das kutane, muskuläre und ossäre Trauma gering zu halten und die Bandintegrität weitestgehend zu erhalten. Choi et al.³⁴ haben jüngst einen Unterschied zwischen der Form der spinalen Enge in der Bildgebung als mögliches Kriterium der Wahl der Operationsmethode aufgegriffen. Auf dem Weg zu einer optimalen Therapieplanung sollte durchaus auch eine spezialisierte Bildgebung eine Rolle spielen.

Bei der Fülle an Therapiemöglichkeiten ist es der Anspruch dieser Studie, eine mögliche Therapie, die unilaterale Laminotomie mit Undercutting, im Vergleich zur unilateralen Laminotomie bei bilateraler Symptomatik auf Wirksamkeit und Vorteile zu untersuchen. Dabei ist es wichtig dem Patienten ganzheitlich eine Verbesserung zu verschaffen. Es genügt heute nur noch in Ausnahmefällen, dem Patienten zu einer alleinigen Schmerzlinderung zu verhelfen. Der Anspruch an die operative Therapie ist deutlich höher. Deshalb wurde von uns ein Gesamtscore definiert, der die Hauptkriterien bei der Evaluation von Operationsergebnissen der Spinalkanalstenose umfasst. Der Gesamtscore setzt sich aus der Patientenzufriedenheit, der Verbesserung des Globalfunktionsscores RMS und dem Schmerzgrad in den Beinen (VAS lp) zusammen. In der Literatur gibt es viele Vergleiche zwischen Operationsmethoden für die lumbale Spinalkanalstenose. Nach unserem Wissen gibt es bisher noch keine Studie, die Operationsmethoden anhand eines Gesamtscores vergleicht, der die wichtigsten Kategorien wie Funktion, Schmerz und Zufriedenheit bei Vorliegen einer Spinalkanalstenose vereint.

Vergleich von der unilateralen Laminotomie mit Undercutting und unilateralen Laminotomie bezüglich Verbesserung von Funktionalität und Schmerzen

Getty et al.,⁶⁶ Poletti et al.,¹⁴⁹ Mc Culloch et al.¹²⁵ und Young et al.²⁰⁸ haben vor nun mehr als 30 Jahren mit guten postoperativen Ergebnissen die Grundlagen für die wenig invasive bilaterale Dekompression über einen unilateralen Zugang wie beispielsweise die Laminotomie mit Undercutting gelegt. Bei den Patienten unserer Studie wurde, wenn möglich, eine unilaterale Laminotomie mit Undercutting angestrebt. Jedoch führte die Kombination aus schwerwiegenden präoperativen Nebenerkrankungen und hochgradigen segmentalen degenerativen Veränderungen, bei denen ein Undercutting unilateral nicht möglich ist, zu der Entscheidung kein Undercutting durchzuführen. Die wichtigsten Parameter zur Beurteilung des Operationserfolges bei Spinalkanalstenose sind Funktion und Schmerz. Bemerkenswert ist, dass sich wie in vielen anderen Studien bei einem Vergleich zwischen zwei Operationsmethoden die einzelnen Scores RMS, VAS lp, VAS bp, ODS, Gehstrecke und die Zufriedenheit von den präoperativen Ausgangswerten zu dem postoperativen Ergebnis in beiden Gruppen signifikant verbessern. Auch nach Festlegung der formulierten Cutoff-Werte bestätigt sich diese Beobachtung in der vorliegenden Studie. Hervorzuheben ist jedoch die Gehstreckenverbesserung, ein für die Patienten wichtiger Funktionsparameter, da sie sich auch unter Berücksichtigung des Cutoff-Wertes zwischen den beiden Operationsgruppen signifikant unterscheidet. Die Patienten der Gruppe 1 haben eine signifikant größere Verbesserung in der Gehstrecke. Hier schließt sich die Frage nach möglichen grundlegenden Unterschieden zwischen den Patienten in beiden Gruppen an. Eine Feststellung ist, dass sich die Gruppen bezüglich der soziodemographischen, gesundheitlichen und krankheitsbezogene Parameter (Geschlechterverteilung, Alter, BMI, Beschäftigungsgrad, Arbeitsunfähigkeitsdauer, ASA, Beschwerdedauer) nicht signifikant voneinander unterscheiden. Auch bezüglich der therapiebezogenen Parameter (Vor-/Nachbehandlung, Operationsdauer, Krankenhausverweildauer, Komplikationen) ergibt sich kein signifikanter Unterschied. Der einzig beobachtete Unterschied zwischen den Gruppen bezieht sich auf die Reoperationsrate. In Gruppe 2 zeigt sich eine signifikant höhere Reoperationsrate im Beobachtungszeitpunkt (Reoperationsrate insgesamt 11%; Gruppe 1 N= 4, 9,5%; Gruppe 2 N= 6, 16%; p= 0,04). In der Literatur variiert die Reoperationsrate nach unilateraler bzw. bilateraler

Laminotomie für bilaterale Dekompression zwischen 2-12 %. CavuŞoğlu et al.³¹ haben im 5-Jahresbeobachtungszeitraum einen Patienten wegen Re-Stenose reoperiert (2%). Bei Yang et al.²⁰⁶ wurde im Nachuntersuchungszeitraum von drei Jahren je ein Patient wegen Instabilität und wegen Re-Stenose reoperiert (9%). Hong et al.⁷⁷ beobachtete in drei Jahren zwei Reoperationen (4%), eine wegen Hämatom und eine wegen Instabilität. Oertel et al.¹³⁵ hatten im 5- Jahresnachbeobachtungszeitraum eine Reoperationsrate von 11,8% wegen Instabilität, Restenose oder inadäquater Dekompression. Auf dem Weg zu minder- invasiven Operationsmethoden ist das Risiko gegeben, dass nicht ausreichend dekomprimiert wird. Ebenso ist es bei invasiveren Methoden möglich, dass eine zu weitreichende Dekompression eine Instabilität nach sich zieht.⁷⁷ Nicht zu vergessen ist jedoch, dass die LSS naturgemäß eine progressive degenerative Erkrankung ist, die auch durch Knochenwucherungen nach Dekompression gekennzeichnet ist. In der Literatur variieren die Angaben zu einem Wiederauffüllen der schon dekomprimierten Höhe durch neugebildete Knochenmatrix zwischen 44-94%. Bei der bilateralen Laminotomie mit Undercutting wird dieses Neubilden eher seltener beobachtet. Dieses hängt vermutlich damit zusammen, dass die spinale Integrität weitestgehend erhalten bleibt.¹³⁵ Eine weitere erklärende Vermutung für die unterschiedliche Gehstreckenverbesserung in den beiden Gruppen könnten höhergradige Komorbiditäten sein. Der ASA-Score unterscheidet sich zwischen den Gruppen jedoch nicht. Eventuell liegen bei der Gruppe 2 im operierten Segment höhergradige degenerative Veränderungen vor. Interessanterweise ohne sich als signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der Schmerzverbesserung in den Beinen widerzuspiegeln. Um dies bestätigen zu können, sollte in nachfolgenden Studien ein Vergleich mit der Bildgebung erfolgen. Auch Choi et al.³⁴ haben jüngst einen Unterschied zwischen der Form der spinalen Enge in der Bildgebung als mögliches Kriterium für die Wahl der Operationsmethode aufgegriffen. Während Hong et al.⁷⁶ interessanterweise eine Korrelation zwischen dem ODS und einer Multilevel-Stenose im MRT nachweisen konnten, fanden Moojen et al.¹³¹ keinen Zusammenhang zwischen der MRT-Ergebnisse, dem Beschwerdeausmaß und dem Outcome. Für eine optimale Therapieplanung sollte jedoch durchaus auch die spezialisierte Bildgebung eine Rolle spielen.

Kann man den Erfolg mittels eines Gesamtscores nachvollziehen?

Die Vorgehensweise, einen Gesamtscore zu definieren und mit diesem neue Erkenntnisse bezüglich der Evaluation einer Operationsmethode zu erlangen, ist in der Literatur verbreitet. Die beiden untersuchten Operationsmethoden bei bilateraler LSS Laminotomie mit Undercutting und unilaterale Laminotomie ergaben Erfolgsraten von 80% und 54%. Diese wurden über den von uns vordefinierten Gesamtscore aus Schmerz (VAS lp), Funktion (RMS) und Zufriedenheit ermittelt. Unser Bestreben war es einen Gesamtscore zu formulieren, der die Hauptkriterien bei der Beurteilung der Operationsmethoden der LSS umfassend berücksichtigt und darüber hinaus klinische Relevanz hat. Für die bilaterale Laminotomie mit unilateralem Zugangsweg divergieren die Erfolgsraten in der Literatur nach 2-3 Jahren von 68-88%. Ähnlich hohe Gesamterfolge werden für die unilaterale Laminotomie beschrieben 68-85%.²¹ Die Erfolgsrate wird von Studie zu Studie unterschiedlich definiert, so dass eine Vergleichbarkeit insgesamt schwierig ist. Trotz des Bestrebens eines internationalen Komitees eine Scorebatterie zu entwickeln,^{20,50} gibt es aufgrund der Komplexität bis heute keinen Konsens. Yang et al.²⁰⁶ verglichen unilaterale und bilaterale Dekompression anhand des Japanese Orthopedic Association (JOA)-Scores. Auch Finneson und Cooper (2013) verglichen unilaterale und bilaterale Dekompression anhand der von ihnen entwickelten Skala mit einem Erfolg von 61%. Hong et al.⁷⁷ verglichen retrospektiv die unilaterale und die bilaterale Laminotomie anhand von VAS bp, VAS lp, ODI (2011). Sie evaluierten signifikante Verbesserungen in allen Scores. Costa et al.⁴¹ untersuchten retrospektiv Patienten nach bilateraler Laminotomie über einen unilateralen Zugang mittels VAS, Prolo-Score mit einem Erfolg von 87% (2007). Cavuşoğlu et al.³¹ verwendeten ODI sowie SF-36 und analysierten den Erfolg von bilateralen Laminotomien über unilaterale Zugänge im Vergleich mit bilateraler Laminektomie und ermittelten einen Erfolg von 68% (2007). Oertel et al.¹³⁵ untersuchten die Ergebnisse von unilateraler Laminotomie im Vergleich zur bilateralen Dekompression anhand des Finneson und Cooper Scores. Nach fünf Jahren hatten sie eine Erfolgsrate von 85,3% (2006). Spetzger und Weiner¹⁹⁹ untersuchten eine modifizierte Laminektomie mit Mittellinienerhalt mit einem sehr guten Gesamterfolg von 87,9%. Auch Thomé et al.¹⁸⁷ verglichen bilaterale Laminotomie über einen Zugangsweg mit Laminektomie und verzeichneten einen 92 prozentigen Erfolg für die

Laminotomie (2005). Betrachtet man nun das Ergebnis der vorliegenden Studie ist der Gesamterfolg ermittelt anhand des Gesamtscores im Students t-Test, in der Gruppe 1 signifikant höher als in der Gruppe 2. Der von uns definierte Gesamtscore ist unserem Kenntnisstand nach der erste Gesamtscore, der den Roland Morris Score, eine numerische Schmerzskala bezüglich Schmerzen in den Beinen, und eine numerische Zufriedenheitsskala umfasst und damit Therapieergebnisse von Laminotomie mit Undercutting im Vergleich zur alleinigen Laminotomie bei degenerativer Spinalkanalstenose evaluiert.

Sind Patienten mit degenerativer Spinalkanalstenose mit den Operationstechniken zufrieden?

Die Zufriedenheit bleibt trotz ihrer Subjektivität ein wichtiger Parameter für die Bewertung von Operationen. Vor allem wenn es sich um benigne Erkrankungen wie degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule handelt.²² In der vorliegenden Studie waren insgesamt 75% der Patienten sehr zufrieden mit dem Ergebnis der Operation beim Follow up. Bezogen auf die unterschiedlichen Operationsmethoden sind in Gruppe 1 76% und in Gruppe 2 74% sehr zufrieden mit der Operation. Die Zufriedenheit unterschied sich nicht signifikant. Ähnliche Zufriedenheitsraten finden sich in der Literatur bei gleichem Operationsverfahren (68-88%).^{93,95,117,176,187} Anhand eines multivarianten Modells wurde eine Gehstreckenverbesserung sowie eine gute Funktionalität vor der Operation, ein erhöhter BMI, ein niedriger ASA-Score und keine Komplikation als signifikante Prädiktoren für die Zufriedenheit mit der Operation analysiert. Sehr wichtig für die Zufriedenheit ist das Erreichen einer klinisch relevanten Verbesserung der Funktionalität und der Gehstrecke.^{8,22} Die entsprechenden Parameter sollten präoperativ besonders berücksichtigt werden und mit dem Patienten besprochen werden. Der Zusammenhang eines hohen BMI vor der Operation mit einer höheren postoperativen Zufriedenheit konnte in der Literaturrecherche nicht bestätigt werden. Eine mögliche Erklärung könnte eine überschaubarere Notwendigkeit der übergewichtigen Patienten an Funktionalität und Gehstrecke im Vergleich zu normalgewichtigen Patienten sein. Patienten mit einem präoperativ guten Gesundheitszustand, d.h. einer niedrigen ASA-Klasse, waren tendenziell zufriedener mit der Operation als Patienten mit einem hohen ASA-Score. Ein ähnliches Ergebnis

hatten auch Aalto et al.¹ und Katz et al.⁹² Sie fanden heraus, dass vorhandene Komorbiditäten ein schlechteres Outcome implizieren. Vor allem wurde in diesen Studien der selbsteingeschätzte Gesundheitszustand als Prädiktor benutzt. Der ASA-Wert hatte in der vorliegenden Studie jedoch keinen Zusammenhang mit den Funktions- oder Schmerzparametern. Wenn man den ASA-Score als Maß für das Operationsrisiko sieht, kann vermutet werden, dass das Operationsteam versucht, die Operationszeit so kurz wie möglich zu halten. Eventuell geht dies auf Kosten der Qualität und somit der postoperativen Zufriedenheit. Weiter kann man annehmen, dass bei multimorbiden Patienten auch das zu verwirklichende postoperative Management eingeschränkter ist. Einen möglichen Einfluss der psychischen Verfassung vor einer minimalinvasiven Operation aufgrund einer Spinalkanalstenose konnte von Asher et al. nicht gefunden werden.¹² Es sollte in Zukunft eine über die Operation hinausreichende individuelle Aufklärung und Nachbetreuung der Patienten mit hohem Operationsrisiko erfolgen. Selbstverständlich müssen Nebenerkrankungen präoperativ bestmöglich therapiert werden. Weniger erstaunlich ist, dass die Zufriedenheit unmittelbar von perioperativ aufgetretenen Komplikationen und der damit verbundenen Verzögerung der postoperativen Rehabilitation verbunden ist. Dies findet sich auch in der Studie von Arinzon et al.⁸ Die Komplikationsrate in der vorliegenden Studie lag bei 13%. Es traten keine lebensbedrohlichen Komplikationen auf.⁴⁹ In der Literatur werden Komplikationsraten zwischen 7,4 und 16% angegeben.^{28,92,98,123,180,199} Risikofaktoren für Komplikationen sind hohes Alter und Komorbiditäten.⁶⁴ Eine der häufigsten Komplikationen in dieser Studie war eine Verletzung der Dura (4,8%). In der Literatur findet man Verletzungen der Dura in 3-14% der operierten Patienten.⁸⁵ Sobottke et al.¹⁷⁸ und Strömqvist et al.¹⁸² zeigten Komplikationsraten von 5,3 bzw. 7,4% auf. Als Risikofaktoren geben sie hohes Alter, Rauchen und Voroperationen an. Eine mögliche Erklärung für die Komplikationsrate in dieser Studie könnte das hohe Durchschnittsalter der Patienten und der hohe ASA-Wert sein. 36% der Patienten hatten einen ASA-Wert von ≥ 3 .

Welchen Stellenwert hat die Laminotomie mit Undercutting im Vergleich mit anderen Operationsmethoden im Rahmen einer lumbalen Spinalkanalstenose in der Literatur?

Zu den am häufigsten angewandten Methoden bei der operativen Therapie der lumbalen Spinalkanalstenose gehören Laminektomie mit oder ohne Fusion, Laminotomie uni- bzw. bilateral, Laminotomie plus Instrumentierung, Dekompression mittels Endoskop.¹⁸⁷ Die Entscheidung zur Wahl der Methode und des Ausmaßes der Operation wird unter anderem unter Berücksichtigung einer bestehenden oder drohenden Instabilität getroffen. Lange galt die Laminektomie als Standardmethode.¹⁵³ Durch das Entstehen einer Instabilität nach Laminektomien musste simultan eine Fusion durchgeführt werden. Dies gab den Anlass dafür, Operationsmethoden zu entwickeln, bei denen der posteriore Komplex aus Knochen und Bändern des Wirbelbogens erhalten werden kann.^{153, 125,208,109,133} Wie schon mehrfach erwähnt, wird bei den meisten Operationsverfahren der LSS ein kurzfristig sehr gutes Ergebnis bezüglich Schmerz, Funktion und Zufriedenheit erreicht. In der Literaturrecherche fällt auf, dass das mittelfristige Ergebnis häufig mit einer gewissen Verschlechterung behaftet ist, während das langfristige Ergebnis sich meist auf einem Level über der Ausgangssituation befindet. Betrachtet man die Ergebnisse unserer Studie (Laminotomie mit Undercutting) und die Resultate aus anderen Studien (Laminektomie und bilaterale Laminotomie mit Instrumentierung) zu einem eher kurzfristigen Nachuntersuchungszeitpunkt, so lässt sich diese Beobachtung bestätigen. Im Folgenden werden verschiedene invasive Operationsmethoden wie die minderinvasive Laminotomie mit Undercutting, die unilaterale Laminotomie, die Dekompression mit Device und die konventionelle Laminektomie anhand der Operationszeit, Reoperationsrate und Komplikationsrate verglichen.

Tabelle 12: Literaturvergleich Operationsmethode

Studien	Unsere Studie 2014	Tanaka et al. 2014	Mobbs et al. 2014	Jakola et al. 2010	Strömqvist et al. 2013	Moojen et al. 2013
Operation	Unilaterale Laminotomie versus Laminotomie plus Undercutting	Minderinvasive bilaterale Dekompression via unilateralem Zugang (Singlelevel vs. Multilevel)	Minderinvasive unilaterale Laminektomie versus open Laminektomie	Dekompressive Laminektomie	X-Stop versus Dekompressive Chirurgie	Interspinöser Device versus konventionelle Dekompression
Follow up Zeit (Monate)	24	23	24	12	24	12
Studiendesign	Retrospektiv	Retrospektiv	Prospektiv	Prospektiv	Prospektiv	Prospektiv
Teilnehmer (N) Alter (Jahre)	99 65 (43- 83)	73 73 (41-93)	54 69 (59- 82)	102 75 (70- 86)	100 69 (49-89)	159 63 (40- 85)
Outcome	Laminotomie plus Undercutting ist vergleichbar mit unilaterale Laminotomie mit einem signifikant besserem Gesamtscore (Funktion, Schmerz, Zufriedenheit	Bilateral Laminotomie via unilateralem Zugang; Vergleichbar suffizientes klinisches Ergebnis bei Multilevel- LSS und Singlelevel LSS	Signifikante Verbesserung in VAS, ODS bei beiden Methoden. ULBD: größere Schmerzverbesserung , kürzere Verweildauer, schnellere Rekonvaleszenz, weniger Opioid Bedarf	Patienten älter als 70 Jahre verbessern sich im VAS, ODS und HRQL Score nach Laminektomie, langandauernde Schmerzen in den Beinen verbessern sich selten ein Jahr nach Operation	Ähnliches funktionelles Ergebnis nach einfacher Dekompression und Implantation eines Device. Höhere Reoperationsrate nach OP mit Device	Device: Höhere Reoperationsrate, mehr Kosten, weniger gutes funktionelles Outcome

Dauer der Operation (Minuten)	Laminotomie Undercutting: 34 Laminotomie: 37	Singlelevel: 119 (70-265), Multilevel: 95 (48-245)	Keine Daten	Keine Daten	Device: 62 Dekompression: 98	Device: 24 Dekompression: 43
Komplikation (N)	Laminotomie Undercutting: 4 Laminotomie: 10	Singlelevel 0 Multilevel 4	Minimalinvasive Laminektomie 1 Open Laminektomie 3	18	4	5
Reoperationen (N)	Laminotomie Undercutting 4 Laminotomie 6	Single Level 2 Multi Level 4	Minimalinvasive Laminektomie 1 Open Laminektomie 3	7	Device:13 Dekompression: 3	Device: 21 Dekompression: 6

Das Patientenkollektiv der ausgewählten Studien ist vergleichbar: Das durchschnittliche Alter der teilnehmenden Patienten der Studien erstreckt sich im Mittel von 63 bis 75 Jahren. Der Follow up-Zeitraum der untersuchten Studien beträgt 12-24 Monate. Die mittlere Operationszeit bei der Dekompression mittels bilateraler Dekompression über einen unilateralen Zugang beträgt in unserer Studie 34 Minuten. Bei den Patienten, die eine unilaterale Laminotomie zur bilateralen Dekompression bekamen, beträgt sie vergleichbare 37 Minuten. In der Studie von Tanaka et al.¹⁸³ betrug die Operationszeit der minderinvasiven bilateralen Dekompression via unilateralem Zugang auf nur einer Höhe 95 Minuten bzw. 119 Minuten bei Dekompression mehrerer Höhen. Eine vergleichbare Operationszeit hatten die Patienten, die eine Dekompression mit Implantation eines Devices erhielten. In der Studie von Strömqvist et al.¹⁸² dauerte die Dekompression plus Device Implantation im Mittel 62 Minuten und in der Studie von Moojen et al.¹³¹ bei gleicher Operationsmethode 24 Minuten. Die konventionelle dekomprimierende Laminektomie benötigte eine Operationszeit von 43 bzw. 98 Minuten.^{83,130} Vorteil der von uns untersuchten Operationsmethode gegenüber den anderen Verfahren ist die kurze Operationszeit. In der Literatur beträgt die Operationszeit bei Laminotomie durchschnittlich 55 Minuten, bei mikroendoskopischen Verfahren 85 Minuten und bei Laminektomien 120 Minuten. Während die Komplikationsrate bei den Patienten mit Laminotomie plus Undercutting in unserer Studie vergleichbar ist mit denen aus den Vergleichsstudien für minderinvasive Laminotomie plus Implantation eines Device ist, ist sie bei der Kohorte von Jakola et al.⁸³, die eine Laminektomie erhielten, mit 17% erheblich höher. In der direkten Vergleichsstudie Laminektomie und minimalinvasive unilaterale Laminektomie für bilaterale Dekompression von Phan et al. waren die Komplikationsraten vergleichbar.¹⁴⁸ In der Literatur wird diskutiert, dass bei weniger invasivem Vorgehen wie bei der bilateralen Laminotomie mit beidseitiger Dekompression über einen Zugang, das Schonen der paraspinalen Muskulatur einen entscheidenden Vorteil darstellt.^{110,124,172} Dies ist wichtig, da ein schlechtes Ergebnis der Dekompression häufig mit Denervation und Muskelatrophie vergesellschaftet ist. Ebenfalls wird verhindert, dass im Operationsfeld große Totraumvolumen entstehen, die bei den konventionellen Methoden postoperativ Probleme bereiten. Durch die entstandenen leeren Räume kann es primär zu einem größeren Blutverlust und sekundär zu einer Ansammlung von

Bakterien und der Entstehung von Infektionen kommen. Der leere Raum wird mit Narbengewebe aufgefüllt, sodass bei einer Restenose erneut dekomprimierende Operationen nötig werden.¹⁹⁹ Vorteil des kleineren intraoperativen Traumas der Laminotomie mit Undercutting ist ebenfalls eine schnellere postoperative Mobilisierung sowie eine kürzere Rekonvaleszenzzeit. In der vorliegenden Studie gab es 10 Reoperationen (Laminotomie mit Undercutting N= 4; Laminotomie N= 6). Dies ist vergleichbar mit der Anzahl der Reoperationen der Studie von Tanaka et al.¹⁸³ sowohl bei Dekompression nur einer Höhe als auch bei den Patienten mit Dekompression in mehreren Höhen. In der Kohorte von Jakola et al. war die Reoperationsanzahl mit sieben Fällen ähnlich. Am höchsten ist sie in den Studien von Strömqvist et al. und Moojen et al. nach Implantation eines Devices. (N= 13 bzw. 21). Dies bestätigt sich auch in der Studie von Huddleston et al. sowie der Metaanalyse von Wu et al. und Deyo et al.^{48,78,204} Die Implantation von Devices ist wenig invasiv. Die hohe Reoperationsrate ist durch Implantatversagen, Dislokation und Restenose zu erklären. Aufgrund der wenig invasiven Technik kann dieses Verfahren zur kurzfristigen Besserung bei Patienten mit hohem Operationsrisiko gewählt werden, jedoch sollte die Indikationsstellung insbesondere bei Begleiterkrankungen der Wirbelsäule, z.B. Spondylolisthese, überdacht werden. Diese Ergebnisse könnten zu dem Schluss führen, dass bei ähnlichen Operationsergebnissen von Funktionalität, Schmerz und Zufriedenheit die Operationsmethode gewählt werden sollte, die am wenigsten invasiv ist, jedoch unter Berücksichtigung der individuellen Patientencharakteristika. Eine individuelle Therapieplanung ist bei der Laminotomie mit Undercutting zur bilateralen Dekompression wegen eingeschränkter Sicht und möglicherweise resultierender unvollständiger oder zu ausgiebiger Dekompression vonnöten. Dies sollte insbesondere bei übergewichtigen Patienten bei der Indikationsstellung bedacht werden. In Zusammenschau aller Ergebnisse dieser Studie kann man zusammenfassen, dass beide Operationsmethoden eine suffiziente Dekompression mit hervorragenden klinischen Ergebnissen bezüglich Schmerzreduktion, Funktionsverbesserung und Patientenzufriedenheit bei LSS verzeichnen, allerdings mit Vorteilen zugunsten der unilateralen Laminotomie mit Undercutting.

Einschränkungen der Studie

Ein Nachteil vieler retrospektiver Evaluationsstudien ist, dass die Datenerhebung vor der jeweiligen Therapie von anderen Personen als nach der Therapie durchgeführt wird. In der vorliegenden Studie wurden die präoperativen Daten sowohl durch das Gedächtnisprotokoll des Patienten als auch durch das Abgleichen mit den vorhandenen Daten, die vorab durch den voruntersuchenden Facharzt für Neurochirurgie erhoben wurden, ermittelt. Uns ist bewusst, dass diese Datenerhebung das Risiko einer Falscheinschätzung birgt. Ein weiteres Problem dieses Studiendesigns ist bekannterweise das Fehlen von Daten. Es kann weiter nicht ausgeschlossen werden, dass unter den Nichtteilnehmern eine höhere Unzufriedenheit mit der Operation herrschte und deshalb die Teilnahme an der Studie verweigert wurde. Wir sind uns darüber im Klaren, dass unser Patientenkollektiv relativ klein und unser Nachuntersuchungszeitraum relativ kurz ist. Dazu kommt, dass die Daten von 26 Patienten lediglich über einen postalischen Fragebogen erhoben und in die Studie integriert wurden. Diese Art der Auswertung kann das Gesamtergebnis beeinflussen, ohne nachvollziehbar zu sein. In Anbetracht der Tatsache, dass in die endgültige Auswertung hauptsächlich demographische Daten und Ergebnisse von Scores einfließen, setzen wir wenige fehlerhafte Angaben voraus. Uns ist bewusst, dass die Bewertung des Operationserfolges durch die selbsteingeschätzte Gehstrecke anhand der von uns gewählten vier Kategorien (0-100m, 100-500m, 500m-1000m, > 1000m) aufgrund einer gewissen Ungenauigkeit nur tendenziell zu bewerten ist. Jedoch ist es unserer Ansicht nach und in Zusammenschau mit der Patientenzufriedenheit ein großer Erfolg, wenn sich der Bewegungsumfang durch eine Operation von wenigen auf das Haus limitierten Metern, auf eine alltagstaugliche Strecke von einem Kilometer erweitert. Sicher sind zukünftig Laufbandanalysen in Kombination mit bildgebendem Verfahren zum Nachweis von unterschiedlichem Degenerationsausmaß und Instabilitäten für einen Operationsgruppenvergleich notwendig. Der von uns formulierte Gesamtscore soll als Beispiel verstanden werden. Sicher sind andere Kombinationen sinnvoll, insbesondere vor dem Hintergrund, dass es unterschiedliche Interessen beim Evaluieren von Studien gibt. Die Formulierung mehrerer Kombinationen von allgemeinen, klinisch relevanten Gesamtscores sollte das Ziel sein. Das angewandte Vorgehen könnte in Zukunft helfen, eine bessere Vergleichbarkeit zwischen Studien zu

ermöglichen und den wirklichen Erfolg einer Operation besser formulieren zu können. In Zukunft ist es erstrebenswert, die Definition eines klinisch relevanten Cutoff-Punktes des jeweiligen Scores festzulegen, um eine Operationsmethode als erfolgreich einzustufen, sie mit anderen Verfahren vergleichen sowie prognostische Aussagen machen zu können.

Literaturverzeichnis

1. Aalto T, Sinikallio S, Kroger H, et al. Preoperative predictors for good postoperative satisfaction and functional outcome in lumbar spinal stenosis surgery - a prospective observational study with a two-year follow-up. *Scand J Surg* 2012;101:255-60.
2. Abbas J, Hamoud K, Masharawi YM, et al. Ligamentum flavum thickness in normal and stenotic lumbar spines. *Spine (Phila Pa 1976)*;35:1225-30.) doi: 10.097/BRS.0b013e3181bfca15.
3. American Society of Anesthesiologists (ASA): New classification of physical status. 1963.
4. Ammendolia C, Stuber K, de Bruin LK, et al. Nonoperative treatment of lumbar spinal stenosis with neurogenic claudication: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*;37:E609-16.) doi: 10.1097/BRS.0b013e318240d57d.
5. Amundsen T, Weber H, Lilleas F, Nordal HJ, Abdelnoor M, Magnaes B. Lumbar spinal stenosis. Clinical and radiologic features. *Spine (Phila Pa 1976)*;20:1178-86.)
6. Apazidis A, Ricart PA, Diefenbach CM, Spivak JM. The prevalence of transitional v. vertebrae in the lumbar spine. *Spine J* 2011;11:858-62. doi: 10.1016/j.spinee.2011.08.005.
7. Arbeitsunfähigkeitstage GdB. Robert Koch-Institut (Hrsg) (2012) Rückenschmerzen Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 53. RKI, Berlin.
8. Arinzon Z, Adunsky A, Fidelman Z, Gepstein R. Outcomes of decompression surgery for lumbar spinal stenosis in elderly diabetic patients. *Eur Spine J* 2004;13:32-7.
9. Armin SS, Holly Lt Fau - Khoo LT, Khoo LT. Minimally invasive decompression for lumbar stenosis and disc herniation. *Neurosurg Focus*. 2008;25(2):E11.
10. Arnoldi CC, Brodsky AE, Cauchoix J, et al. Lumbar spinal stenosis and nerve root entrapment syndromes. Definition and classification. *Clin Orthop Relat Res* 1976:4-5.
11. Asari T, Furukawa K, Tanaka S, et al. Mesenchymal stem cell isolation and characterization from human spinal ligaments. *Biochem Biophys Res Commun* 2012;417:1193-9. doi: 10.016/j.bbrc.2011.12.106.
12. Asher R, Mason Ae Fau - Weiner J, Weiner J Fau - Fessler RG, Fessler RG. The relationship between preoperative general mental health and postoperative

quality of life in minimally invasive lumbar spine surgery. *Neurosurgery*. 2015 Jun;76(6):672-9.

13. Athiviraham A, Yen D. Is spinal stenosis better treated surgically or nonsurgically? *Clin Orthop Relat Res* 2007;458:90-3.
14. Barz T, Staub LP, Melloh M, et al. Clinical validity of the nerve root sedimentation sign in patients with suspected lumbar spinal stenosis. *Spine J* 2013;19:01261-8.
15. Beals RK, Rolfe B. VATER association. A unifying concept of multiple anomalies. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71:948-50.
16. Beers GJ, Carter AP, Leiter BE, Tilak SP, Shah RR. Interobserver discrepancies in distance measurements from lumbar spine CT scans. *AJR Am J Roentgenol* 1985;144:395-8
17. Benini A. Ischias without intervertebral disk prolapse: the compression of lumbar nerve roots in the lateral recess of the spinal cana]. *Schweiz Med Wochenschr* 1976;106:165-70.
18. Benini A. Lumbar spinal stenosis. An overview 50 years following initial description. *Orthopade* 1993;22:257-66.
19. Benini A. Lumbago and radicular complaints: not always a herniated disk or degenerative stenosis of the spinal canal. A differential diagnosis of infrequent diseases. *Orthopade* 1999;28:916-21.
20. Bergner M, Bobbitt RA, Carter WB, Gilson BS. The Sickness Impact Profile: development and final revision of a health status measure. *Med Care* 1981;19:787-805.
21. Bombardier C. Outcome assessments in the evaluation of treatment of spinal disorders: summary and general recommendations. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Dec 15;25(24):3100-3.
22. Bouras T, Stranjalis G, Loufardaki M, Sourtzis I, Stavrinou LC, Sakas DE. Predictors of long-term outcome in an elderly group after laminectomy for lumbar stenosis. *J Neurosurg Spine* 2010;13:329-34. doi: 10.3171/2010.3.SPINE09487.
23. Bridwell KH. Lumbar spinal stenosis. Diagnosis, management, and treatment. *Clin Geriatr Med* 1994;10:677-701.
24. Bundesamt S. Gesundheit, Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäuser 2013. Fachserie 12 Reihe 6.2.1.

25. Bundesamt S. Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG- Statistik). Fachserie 12 Reihe 6.4
26. Burnett MG, Stein SC, Bartels RH. Cost-effectiveness of current treatment strategies for lumbar spinal stenosis: nonsurgical care, laminectomy, and X-STOP. *J Neurosurg Spine* 2010;13:39-46. doi: 10.3171/2010.3.SPINE09552.
27. Cadosch D, Gautschi OP, Fournier JY, Hildebrandt G. [Lumbar spinal stenosis--claudicatio spinalis. Pathophysiology, clinical aspects and treatment]. *Praxis (Bern 1994;97:1231-41)*. doi: 10.024/661-8157.97.23.1231.
28. Caspar W, Papavero L, Sayler MK, Harkey HL. Precise and limited decompression for lumbar spinal stenosis. *Acta Neurochir (Wien)* 1994;131:130-6.
29. Cassell DA. A Randomization-test Wrapper for SAS® PROC. Sugi 27. A randomization-test-wrapper for SAS PROCs. Paper 251-27 in Proceedings of the 27th Annual SAS Users Group International Conference. SAS Institute, Cary, NC.2002.
30. Castro-Menendez M, Bravo-Ricoy Ja Fau - Casal-Moro R, Casal-Moro R Fau - Hernandez-Blanco M, Hernandez-Blanco M Fau - Jorge-Barreiro FJ, Jorge-Barreiro FJ. Midterm outcome after microendoscopic decompressive laminotomy for lumbar spinal stenosis: 4-year prospective study. *Neurosurgery*. 2009 Jul; 65(1):100-10; discussion 110; quiz A12. doi: 10.1227/01.NEU.0000347007.95725.6F.
31. Cavusoglu H, Kaya RA, Turkmenoglu ON, Tuncer C, Colak I, Aydin Y. Midterm outcome after unilateral approach for bilateral decompression of lumbar spinal stenosis: 5-year prospective study. *Eur Spine J* 2007;16:2133-42.
32. Celik SE, Celik S, Goksu K, Kara A, Ince I. Microdecompressive laminotomy with a 5-year follow-up period for severe lumbar spinal stenosis. *J Spinal Disord Tech* 2010;23:229-35.
33. Cherkin DC, Deyo RA, Loeser JD, Bush T, Waddell G. An international comparison of back surgery rates. *Spine (Phila Pa 1976)*;19:1201-6.
34. Choi WS, Oh Ch Fau - Ji GY, Ji Gy Fau - Shin SC, et al. Spinal canal morphology and clinical outcomes of microsurgical bilateral decompression via a unilateral approach for lumbar spinal canal stenosis. *Eur Spine J*. 2014 May;23(5):991-8. doi: 10.1007/s00586-013-3116-7.
35. Chopko B, Caraway DL. MiDAS I (mild Decompression Alternative to Open Surgery): a preliminary report of a prospective, multi-center clinical study. *Pain Physician* 2010;13:369-78.

36. Chou R Fau - Hashimoto R, Hashimoto R Fau - Friedly J, Friedly J Fau - Fu R, et al. Epidural Corticosteroid Injections for Radiculopathy and Spinal Stenosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ann Intern Med*. 2015 Sep 1;163(5):373-81. doi: 10.7326/M15-0934.
37. Ciol MA, Deyo RA, Howell E, Kreif S. An assessment of surgery for spinal stenosis: time trends, geographic variations, complications, and reoperations. *J Am Geriatr Soc* 1996;44:285-90.
38. Ciric I, Mikhael MA, Tarkington JA, Vick NA. The lateral recess syndrome. A variant of spinal stenosis. *J Neurosurg* 1980;53:433-43.
39. Conway J, Tomkins CC, Haig AJ. Walking assessment in people with lumbar spinal stenosis: capacity, performance, and self-report measures. *Spine J* 2011;11:816-23. doi: 10.1016/j.spinee.2010.10.019.
40. Coronado-Zarco R, Cruz-Medina E, Arellano-Hernandez A, Chavez-Arias D, Leon-Hernandez SR. Effectiveness of calcitonin in intermittent claudication treatment of patients with lumbar spinal stenosis: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*;34:E818-22. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181afe60a.
41. Costa F, Sassi M, Cardia A, et al. Degenerative lumbar spinal stenosis: analysis of results in a series of 374 patients treated with unilateral laminotomy for bilateral microdecompression. *J Neurosurg Spine* 2007;7:579-86.
42. Crock HV. Normal and pathological anatomy of the lumbar spinal nerve root canals. *J Bone Joint Surg Br* 1981;63B:487-90.
43. Cummins J, Lurie JD, Tosteson TD, et al. Descriptive epidemiology and prior healthcare utilization of patients in the Spine Patient Outcomes Research Trial's (SPORT) three observational cohorts: disc herniation, spinal stenosis, and degenerative spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*;31:806-14.
44. Deer TR, Kapural L. New image-guided ultra-minimally invasive lumbar decompression method: the mild procedure. *Pain Physician* 2010;13:35-41.
45. Delank KS, Furderer S, Eysel P. Lumbar spinal canal stenosis (LSS). *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2004;142:R19-30; quiz R1-5.
46. Delank KS, Gercek E, Kuhn S, et al. How does spinal canal decompression and dorsal stabilization affect segmental mobility? A biomechanical study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:285-92. doi: 10.1007/s00402-009-1002-x.
47. Delport EG, Cucuzzella AR, Marley JK, Pruitt CM, Fisher JR. Treatment of lumbar spinal stenosis with epidural steroid injections: a retrospective outcome study. *Arch Phys Med Rehabil* 2004;85:479-84.

48. Deyo RA, Martin Bi Fau - Ching A, Ching A Fau - Tosteson ANA, et al. Interspinous spacers compared with decompression or fusion for lumbar stenosis: complications and repeat operations in the Medicare population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013 May 1;38(10):865-72. doi: 10.1097/BRS.0b013e31828631b8.
49. Deyo RA. Treatment of lumbar spinal stenosis: a balancing act. *Spine J* 2010;10:625- 7.doi: 10.1016/j.spinee.2010.05.006.
50. Deyo RA, Battie M Fau - Beurskens AJ, Beurskens Aj Fau - Bombardier C, et al. Outcome measures for low back pain research. A proposal for standardized use. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998 Sep 15; 23(18): 2003-13.
51. DiMaio S, Marmor E, Albrecht S, Mohr G. Ligamentum flavum cysts causing incapacitating lumbar spinal stenosis. *Can J Neurol Sci* 2005;32:237-42.
52. Djurasovic M, Glassman SD, Carreon LY, Dimar JR, 2nd. Contemporary management of symptomatic lumbar spinal stenosis. *Orthop Clin North Am* 2010;41:183-91. doi: 10.1016/j.ocl.2009.12.003.
53. Drumm J, Branea I, Pitzen T. Microsurgical decompression of lumbar spinal stenosis. *Orthopade* 2010;39:551-8. doi: 10.1007/s00132-009-1593-5.
54. Eggers C, Stahlenbrecher A. Injuries of the thoracic and lumbar spine. *Unfallchirurg* 1998;101:779-90.
55. Eisenstein S. Measurements of the lumbar spinal canal in 2 racial groups. *Clin Orthop Relat Res* 1976:42-6.
56. Epstein JA, Epstein BS, Rosenthal AD, Carras R, Lavine LS. Sciatica caused by nerve root entrapment in the lateral recess: the superior facet syndrome. *J Neurosurg* 1972;36:584-9.
57. Ewald C, Kalff R. [Symptomatic lumbar spinal stenosis: diagnostic evaluation and therapeutic strategies]. *Nervenarzt* 2011;82:1623-29; quiz 30-1. doi: 10.007/s00115-011-3413-5.
58. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Nov 15;25(22):2940-52; discussion 2952.
59. Feldmann PH, Wittenberg RH. [Surgical treatment of spinal stenosis]. *Orthopade* 2003;32:877-88.
60. Fu YS, Zeng BF, Xu JG. Long-term outcomes of two different decompressive techniques for lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;33:514-8. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181657dde.

61. Fukusaki M, Kobayashi I, Hara T, Sumikawa K. Symptoms of spinal stenosis do not improve after epidural steroid injection. *Clin J Pain* 1998;14:148-51.
62. Galiano K, Obwegeser AA, Gabl MV, Bauer R, Twerdy K. Long-term outcome of laminectomy for spinal stenosis in octogenarians. *Spine (Phila Pa)* 2005;30:332-5.
63. Gatchel RJ, Mayer TG, Chou R. What does/should the minimum clinically important difference measure? A reconsideration of its clinical value in evaluating efficacy of lumbar fusion surgery. *Clin J Pain* 2012;28:387-97. doi: 10.1097/AJP.0b013e3182327f20.
64. Genevay S, Atlas SJ. Lumbar spinal stenosis. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2010;24:253-65. doi: 10.1016/j.berh.2009.11.001.
65. Gesundheitskosten G. Text: Krankheitskosten [Gesundheitsberichterstattung - Themenhefte, Dezember 2009]. 2014:Gbe-bund.de.
66. Getty CJ. Lumbar spinal stenosis: the clinical spectrum and the results of operation. *J Bone Joint Surg Br.* 1980 Nov; 62-B(4):481-5.
67. Gruskay J, Kepler C, Smith J, Radcliff K, Vaccaro A. Is surgical case order associated with increased infection rate after spine surgery? *Spine (Phila Pa 1976)*;37:1170-65 4. doi: 10.097/BRS.0b013e3182407859.
68. Guzman J, Esmail R, Karjalainen K, Malmivaara A, Irvin E, Bombardier C. Multidisciplinary rehabilitation for chronic low back pain: systematic review. *Bmj* 2001;322:1511-6.
69. Hagg O, Fritzell P, Nordwall A. The clinical importance of changes in outcome scores after treatment for chronic low back pain. *Eur Spine J* 2003;12:12-20.
70. Haig AJ, Park P, Henke PK, et al. Reliability of the clinical examination in the diagnosis of neurogenic versus vascular claudication. *Spine J* 2013;13:00696-7.
71. Hamanishi C, Matukura N, Fujita M, Tomihara M, Tanaka S. Cross-sectional area of the stenotic lumbar dural tube measured from the transverse views of magnetic resonance imaging. *J Spinal Disord* 1994;7:388-93.
72. Hamanishi C, Tanaka S. Bilateral multilevel laminectomy with or without posterolateral fusion for cervical spondylotic myelopathy: relationship to type of onset and time until operation. *J Neurosurg* 1996;85:447-51.
73. Hatzbühler. RKI - Gesundheitsberichte für Deutschland - Gesundheitsberichte für Deutschland. 2007:Rki.de.
74. Heisel J. [Conservative strategies for treating low back pain]. *Orthopade* 2009;38:896, 8, 900-1, passim. doi: 10.1007/s00132-009-1480-0.

75. Herkowitz HN. Spine update. Degenerative lumbar spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*;20:1084-90.
76. Hong JH, Lee MY, Jung SW, Lee SY. Does spinal stenosis correlate with MRI findings and pain, psychologic factor and quality of life? *Korean J Anesthesiol*. 2015 Oct;68(5):481-7. doi: 10.4097/kjae.2015.68.5.481.
77. Hong SW, Choi KY, Ahn Y, et al. A comparison of unilateral and bilateral laminotomies for decompression of L4-L5 spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;36:E172-8. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181db998c.
78. Huddleston P. X-Stop Resulted in a Higher Reoperation Rate Than Minimally Invasive Decompression, But Both Decreased Symptoms of Neurogenic Intermittent Claudication in Patients with Lumbar Spinal Stenosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2015 Nov 18;97(22):1889. doi: 10.2106/JBJS.9722.ebo101.
79. Hussain A, Erdek M. Interventional Pain Management for Failed Back Surgery Syndrome. *Pain Pract* 2013;3:12035.
80. Igarashi A, Kikuchi S, Konno S. Correlation between inflammatory cytokines released from the lumbar facet joint tissue and symptoms in degenerative lumbar spinal disorders. *J Orthop Sci* 2007;12:154-60.
81. Ishimoto Y, Yoshimura N, Muraki S, et al. Associations between radiographic lumbar spinal stenosis and clinical symptoms in the general population: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage* 2013;21:783-8. doi: 10.1016/j.joca.2013.02.656.
82. Jaeschke R, Singer J, Guyatt GH. Measurement of health status. Ascertaining the minimal clinically important difference. *Controlled clinical trials* 1989;10:407-15.
83. Jakola AS, Sorlie A, Gulati S, Nygaard OP, Lydersen S, Solberg T. Clinical outcomes and safety assessment in elderly patients undergoing decompressive laminectomy for lumbar spinal stenosis: a prospective study. *BMC Surg* 2010;10:34.:10.1186/471-2482-10-34.
84. Jansson KA, Blomqvist P, Granath F, Nemeth G. Spinal stenosis surgery in Sweden 1987-1999. *Eur Spine J* 2003;12:535-41.
85. Jarrett MS, Orlando JF, Grimmer-Somers K. The effectiveness of land based exercise compared to decompressive surgery in the management of lumbar spinal-canal stenosis: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* 2012;13:30.:10.1186/471-2474-13-30.
86. Jenis LG, An HS. Spine update. Lumbar foraminal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Feb 1;25(3):389-94.

87. Jespersen SM, Hansen ES, Hoy K, et al. Two-level spinal stenosis in minipigs. Hemodynamic effects of exercise. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995 Dec 15; 20(24):2765-73.
88. Jonsson B, Stromqvist B. Symptoms and signs in degeneration of the lumbar spine. A prospective, consecutive study of 300 operated patients. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75:381-5.
89. Junghanns H. [Functional pathology of the intervertebral disks as a basis of clinical observations]. *Langenbecks Arch Klin Chir Ver Dtsch Z Chir* 1951;267:393-417.
90. Kalff R, Ewald C, Waschke A, Gobisch L, Hopf C. Degenerative lumbar spinal stenosis in older people: current treatment options. *Deutsches Arzteblatt international* 2013;110:613-23; quiz 24.
91. Kalichman L, Cole R, Kim DH, et al. Spinal stenosis prevalence and association with symptoms: the Framingham Study. *Spine J* 2009;9:545-50. doi: 10.1016/j.spinee.2009.03.005.
92. Katz JN, Stucki G, Lipson SJ, Fossel AH, Grobler LJ, Weinstein JN. Predictors of surgical outcome in degenerative lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;24:2229-33.
93. Katz JN, Harris MB. Clinical practice. Lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med* 2008;358:818-25. doi: 10.1056/NEJMcip0708097.
94. Kent DL, Haynor DR, Larson EB, Deyo RA. Diagnosis of lumbar spinal stenosis in adults: a metaanalysis of the accuracy of CT, MR, and myelography. *AJR Am J Roentgenol* 1992;158:1135-44.
95. Keorochana G, Laohacharoensombat W, Wajanavisit W, Chanplakorn P, Woratanarat P, Chatchaipun P. Functional outcome after decompression and instrumented arthrodesis in degenerative lumbar spinal stenosis: factors influencing unsuccessful outcome change. *J Med Assoc Thai* 2011;94:1487-94.
96. Khoo LT, Fessler RG. Microendoscopic decompressive laminotomy for the treatment of lumbar stenosis. *Neurosurgery* 2002;51:S146-54.
97. Kirkaldy-Willis WH, Wedge JH, Yong-Hing K, Reilly J. Pathology and pathogenesis of lumbar spondylosis and stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*.1978 Dec; 3(4):319-28.
98. Kleeman TJ, Hiscoe AC, Berg EE. Patient outcomes after minimally destabilizing lumbar stenosis decompression: the "Port-Hole" technique. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000 Apr 1;25(7):865-70.

99. Kobayashi S, Kokubo Y, Uchida K, et al. Effect of lumbar nerve root compression on primary sensory neurons and their central branches: changes in the nociceptive neuropeptides substance P and somatostatin. *Spine (Phila Pa 1976)*;30:276-82.
100. Koc Z, Ozcakil S, Sivrioglu K, Gurbet A, Kucukoglu S. Effectiveness of physical therapy and epidural steroid injections in lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;34:985-9. doi: 10.1097/BRS.0b013e31819c0a6b.
101. Koh WU, Choi SS, Park SY, et al. Transforaminal hypertonic saline for the treatment of lumbar lateral canal stenosis: a double-blinded, randomized, active-control trial. *Pain Physician* 2013;16:197-211.
102. Kramer R, Wild A, Haak H, Borowski S, Krauspe R. The effect of limited interlaminar decompression versus complete laminectomy on intrathecal volume in degenerative lumbar spinal stenosis. *Biomed Tech (Berl)* 2002;47:159-63.
103. Krayenbuhl H, Benini A. [Narrowness of the recessus lateralis in the lumbar region of the spine as cause of the nerve-root compression in narrowing of the intervertebral discs (author's transl)]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1979;117:167-71.
104. Krumbholz S, Vitzthum HE, Willenberg E. [The narrow lumbar spinal canal]. *Psychiatr Neurol Med Psychol (Leipz)* 1983;35:129-41.
105. Lane WA. Case of spondylolisthesis with progressive paraplegia after laminectomy. *Lancet*. 1893;1:991.
106. Lassale B. [Anatomy of the lateral recessus or lumbar radicular groove]. *Acta Orthop Belg* 1987;53:137-42.
107. Lee CK, Rauschnig W, Glenn W. Lateral lumbar spinal canal stenosis: classification, pathologic anatomy and surgical decompression. *Spine (Phila Pa 1976)*;13:313-20.
108. Lee SY, Kim TH, Oh JK, Lee SJ, Park MS. Lumbar Stenosis: A Recent Update by Review of Literature. *Asian Spine J*. 2015 Oct;9(5):818-28. doi: 10.4184/asj.2015.9.5.818.
109. Lin PM. Internal decompression for multiple levels of lumbar spinal stenosis: a technical note. *Neurosurgery* 1982;11:546-9.
110. Liu X, Yuan S, Tian Y. Modified Unilateral Laminotomy for Bilateral Decompression for Lumbar Spinal Stenosis-Technical Note. (*Spine* 1976); 2013 May 20;38(12):E732-7. Doi:10.1097/BRS.0b013e31828fc84c.
111. Magnussen LH, Lygren H, Strand LI, Hagen EM, Breivik K. Reconsidering the Roland-Morris Disability Questionnaire: Time for a multi-Dimensional framework? *Spine* 2014.

112. Mak PH, Campbell RC, Irwin MG. The ASA Physical Status Classification: inter-observer consistency. *American Society of Anesthesiologists. Anaesth Intensive Care* 2002;30:633-40.
113. Malmivaara A, Slati P, Heliovaara M, et al. Surgical or nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis? A randomized controlled trial. *Spine (Phila Pa 1976)*;32:1-8.
114. Mannion AF, Junge A, Grob D, Dvorak J, Fairbank JC. Development of a German version of the Oswestry Disability Index. Part 2: sensitivity to change after spinal surgery. *Eur Spine J* 2006;15:66-73.
115. Manson NA, Goldberg EJ, Andersson GB. Sexual dimorphism in degenerative disorders of the spine. *Orthop Clin North Am* 2006;37:549-53.
116. Mao GP, Konno S, Arai I, Olmarker K, Kikuchi S. Chronic double-level cauda equina compression. An experimental study on the dog cauda equina with analyses of nerve conduction velocity. *Spine (Phila Pa 1976)*;23:1641-4.
117. Mariconda M, Zanforlino G, Celestino GA, Brancalone S, Fava R, Milano C. Factors influencing the outcome of degenerative lumbar spinal stenosis. *J Spinal Disord* 2000;13:131-7.
118. Mariconda M, Fava R Fau - Gatto A, Gatto A Fau - Longo C, Longo C Fau - Milano C, Milano C. Unilateral laminectomy for bilateral decompression of lumbar spinal stenosis: a prospective comparative study with conservatively treated patients. *J Spinal Disord Tech.* 2002 Feb;15(1):39-46.
119. Markman JD, Gaud KG. Lumbar spinal stenosis in older adults: current understanding and future directions. *Clin Geriatr Med* 2008;24:369-88, viii. doi: 10.1016/j.cger.2007.12.007.
120. Matsumoto M, Watanabe K, Tsuji T, et al. Nocturnal leg cramps: a common complaint in patients with lumbar spinal canal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;34:E189-94. doi: 10.1097/BRS.0b013e31818f953c.
121. Matzen KA, Kusswetter W. Limitations in the evaluation of the dorsal portion of the vertebrae in radiography. *Hefte Unfallheilkd* 1980;55-60.
122. Mayer HM. Discogenic low back pain and degenerative lumbar spinal stenosis - how appropriate is surgical treatment?. *Schmerz* 2001;15:484-91.
123. Mayer HM, List J, Korge A, Wiechert K. Microsurgery of acquired degenerative lumbar spinal stenosis. Bilateral over-the-top decompression through unilateral approach. *Orthopade* 2003;32:889-95.

124. Mayer TG, Vanharanta H, Gatchel RJ, et al. Comparison of CT scan muscle measurements and isokinetic trunk strength in postoperative patients. *Spine (Phila Pa 1976)*;14:33-6.
125. McCulloch JA. Microdecompression and uninstrumented single-level fusion for spinal canal stenosis with degenerative spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976)*;23:2243-52.
126. McGirt MJ, Parker SI Fau - Hilibrand A, Hilibrand A Fau - Mummaneni P, et al. Lumbar Surgery in the Elderly Provides Significant Health Benefit in the US Health Care System: Patient-Reported Outcomes in 4370 Patients From the N2QOD Registry. *Neurosurgery*. 2015 Oct; 77 Suppl 4:S125-35. Doi:101227/NEU.0000000000000952.
127. Mekhail N, Vallejo R, Coleman MH, Benyamin RM. Long-term results of percutaneous lumbar decompression mild((R)) for spinal stenosis. *Pain Pract* 2012;12:184-93. doi: 10.1111/j.533-2500.011.00481.x.
128. Mikhael MA, Ciric I, Tarkington JA, Vick NA. Neuroradiological evaluation of lateral recess syndrome. *Radiology* 1981;140:97-107.
129. Minamide A, Yoshida M, Maio K. The natural clinical course of lumbar spinal stenosis: a longitudinal cohort study over a minimum of 10 years. *J Orthop Sci* 2013;10:10.
130. Mobbs RJ, Li J Fau - Sivabalan P, Sivabalan P Fau - Raley D, Raley D Fau - Rao PJ, Rao PJ. Outcomes after decompressive laminectomy for lumbar spinal stenosis: comparison between minimally invasive unilateral laminectomy for bilateral decompression and open laminectomy: clinical article. *J Neurosurg Spine*.2014 Aug;21(2):179-86. doi: 10.3171/2014.4.SPINE13420.
131. Moojen WA, Arts Mp Fau - Jacobs WCH, Jacobs Wc Fau - van Zwet EW, et al. Interspinous process device versus standard conventional surgical decompression for lumbar spinal stenosis: randomized controlled trial. *Br J Sports Med*. 2015 Jan;49(2):135. doi:10.1136/bjsports-2014-f415rep.
132. Morgalla MH, Noak N, Merkle M, Tatagiba MS. Lumbar spinal stenosis in elderly patients: is a unilateral microsurgical approach sufficient for decompression? *J Neurosurg Spine* 2011;14:305-12. doi: 10.3171/2010.10.SPINE09708.
133. Nakai O, Ookawa A, Yamaura I. Long-term roentgenographic and functional changes in patients who were treated with wide fenestration for central lumbar stenosis. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:1184-91.
134. Neuman BJ, Baldus C Fau - Zebala LP, Zebala Lp Fau - Kelly MP, et al. Patient Factors That Influence Decision Making: Randomization versus Observational

Nonoperative versus Observational Operative Treatment for Adult Symptomatic Lumbar Scoliosis (ASLS). *Spine (Phila Pa 1976)*. 2015 Oct15.

135. Oertel MF, Ryang YM, Korinth MC, Gilsbach JM, Rohde V. Long-term results of microsurgical treatment of lumbar spinal stenosis by unilateral laminotomy for bilateral decompression. *Neurosurgery* 2006;59:1264-9; discussion 9-70.
136. Ogikubo O, Forsberg L, Hansson T. The relationship between the cross-sectional area of the cauda equina and the preoperative symptoms in central lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;32:1423-8; discussion 9.
137. Ohtori S, Yamashita M, Murata Y, et al. Conservative and surgical treatment improves pain and ankle-brachial index in patients with lumbar spinal stenosis. *Yonsei Med J* 2013;54:999-1005. doi: 10.3349/ymj.2013.54.4.999.
138. Onel D, Sari H, Donmez C. Lumbar spinal stenosis: clinical/radiologic therapeutic evaluation in 145 patients. Conservative treatment or surgical intervention? *Spine (Phila Pa 1976)*;18:291-8.
139. Oppenheimer JH, DeCastro I, McDonnell DE. Minimally invasive spine technology and minimally invasive spine surgery: a historical review. *Neurosurg Focus* 2009;27:E9. doi: 10.3171/2009.7.FOCUS09121.
140. Orpen NM, Corner JA, Shetty RR, Marshall R. Micro-decompression for lumbar spinal stenosis: the early outcome using a modified surgical technique. *J Bone Joint Surg Br* 2010;92:550-4. doi: 10.1302/0301-620X.92B4.22050.
141. Ostelo RW, Deyo RA, Stratford P, et al. Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain: towards international consensus regarding minimal important change. *Spine (Phila Pa 1976)*;33:90-4. doi: 10.1097/BRS.0b013e31815e3a10.
142. Osthus H, Cziske R, Jacobi E. Cross-cultural adaptation of a German version of the Oswestry Disability Index and evaluation of its measurement properties. *Spine (Phila Pa 1976)*;31:E448-53.
143. Palmer S, Turner R, Palmer R. Bilateral decompression of lumbar spinal stenosis involving a unilateral approach with microscope and tubular retractor system. *J Neurosurg* 2002;97:213-7
144. Papanagiotou P, Boutchakova M. Spinal canal stenosis. *Radiologe*.2014Nov;54(11):1087-92. doi:10.1007/s00117-014-2729-0.
145. Papavero L, Thiel M, Fritzsche E, Kunze C, Westphal M, Kothe R. Lumbar spinal stenosis: prognostic factors for bilateral microsurgical decompression using a unilateral approach. *Neurosurgery* 2009;65:182-7; discussion7. doi: 10.1227/01.NEU.0000341906.65696.08.

146. Park JB, Chang H, Lee JK. Quantitative analysis of transforming growth factor-beta 1 in ligamentum flavum of lumbar spinal stenosis and disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976)*;26:E492-5.
147. Park DK, An HS, Lurie JD, et al. Does multilevel lumbar stenosis lead to poorer outcomes?: a subanalysis of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) lumbar stenosis study. *Spine (Phila Pa 1976)*;35:439-46. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181bdafb9.
148. Phan K, Mobbs RJ. Minimally Invasive Versus Open Laminectomy for Lumbar Stenosis - A Systematic Review and Meta-Analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Jan;41(2);E91-E100. doi:10.1097/BRS.0000000000001161.
149. Poletti CE. Central lumbar stenosis caused by ligamentum flavum: unilateral laminotomy for bilateral ligamentectomy: preliminary report of two cases. *Neurosurgery*. 1995 Aug;37(2):343-7.
150. Porter RW, Ward D. Cauda equina dysfunction. The significance of two-level pathology. *Spine (Phila Pa 1976)*;17:9-15.
151. Postacchini F. Surgical management of lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;24:1043-7.
152. Postacchini F. Lumbar spinal stenosis and pseudostenosis. Definition and classification of pathology. *Ital J Orthop Traumatol* 1983;9:339-50.
153. Postacchini F, Cinotti G, Perugia D, Gumina S. The surgical treatment of central lumbar stenosis. Multiple laminotomy compared with total laminectomy. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75:386-92.
154. Pratt RK, Fairbank JC, Virr A. The reliability of the Shuttle Walking Test, the Swiss Spinal Stenosis Questionnaire, the Oxford Spinal Stenosis Score, and the Oswestry Disability Index in the assessment of patients with lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;27:84-91.
155. Proietti L, Scaramuzzo L, Schiro GR, Sessa S, Logroscino CA. Complications in lumbar spine surgery: A retrospective analysis. *Indian J Orthop* 2013;47:340-5. doi: 10.4103/0019-5413.114909.
156. Putz R. [Anatomic-functional viewpoints in treatment of injuries of the spine]. *Langenbecks Arch Chir Suppl Kongressbd* 1992:256-62.
157. Raabe A, Beck J, Ulrich C. [In Process Citation]. *Therapeutische Umschau Revue therapeutique* 2014;71:701-5.
158. Rainville J, Childs LA, Pena EB, et al. Quantification of walking ability in subjects with neurogenic claudication from lumbar spinal stenosis--a comparative study. *Spine J* 2012;12:101-9. doi: 10.1016/j.spinee.2011.12.006.

159. Ranguis SC, Li D, Webster AC. Perioperative epidural steroids for lumbar spine surgery in degenerative spinal disease. A review. *J Neurosurg Spine* 2010;13:745-57. doi: 10.3171/2010.6.SPINE09796.
160. Reinecke H. Klinische Relevanz der therapeutischen Reduktion von chronischen nicht tumorbedingten Schmerzen. Logos Verlag Berlin 2010.
161. Roland M, Morris R. A study of the natural history of low-back pain. Part II: development of guidelines for trials of treatment in primary care. *Spine (Phila Pa 1976)*;8:145-50.
162. Sahin F, Yilmaz F, Kotevoglul N, Kuran B. The efficacy of physical therapy and physical therapy plus calcitonin in the treatment of lumbar spinal stenosis. *Yonsei Med J* 2009;50:683-8. doi: 10.3349/ymj.2009.50.5.683.
163. Sairyo K, Biyani A, Goel VK, et al. Lumbar ligamentum flavum hypertrophy is due to accumulation of inflammation-related scar tissue. *Spine (Phila Pa 1976)*;32:E340-7.
164. Saklad MMD. GRADING OF PATIENTS FOR SURGICAL PROCEDURES. : *Anesthesiology*. 1941:Journals.lww.com.
165. Sarpyener MA. Surgical construction of retrovesical fistula; a new technic; report of three cases. *J Int Coll Surg* 1949;12:745-9.
166. Sarpyener MA. Spina bifida aperta and congenital stricture of the spinal canal. *J Bone Joint Surg Am* 1947;29:817-21.
167. Sasaki K. Magnetic resonance imaging findings of the lumbar root pathway in patients over 50 years old. *Eur Spine J* 1995;4:71-6.
168. Schizas C, Kulik G. Decision-making in lumbar spinal stenosis: A survey on the influence of the morphology of the dural sac. *J Bone Joint Surg Br* 2012;94:98-101. doi: 10.1302/0301-620X.94B1.27420.
169. Schonstrom N, Lindahl S, Willen J, Hansson T. Dynamic changes in the dimensions of the lumbar spinal canal: an experimental study in vitro. *J Orthop Res* 1989;7:115-21.
170. Schulte TL, Bullmann V, Lerner T, et al. [Lumbar spinal stenosis]. *Orthopade* 2006;35:675-92; quiz 93-4.
171. Schulte TL, Schubert T, Winter C, et al. Step activity monitoring in lumbar stenosis patients undergoing decompressive surgery. *Eur Spine J* 2010;19:1855-64. doi: 10.007/s00586-010-1324-y.
172. See DH, Kraft GH. Electromyography in paraspinal muscles following surgery for root compression. *Arch Phys Med Rehabil* 1975;56:80-3.

173. Seki S, Kawaguchi Y, Ishihara H, Oya T, Kimura T. Lumbar spinal stenosis due to a large calcified mass in the ligamentum flavum. *Asian Spine J* 2013;7:236-41. doi: 10.4184/asj.2013.7.3.236.
174. Sekiguchi M, Wakita T, Fukuhara S, et al. Development and validation of a quality of life scale specific for lumbar spinal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;36:E1407-14. doi: 10.097/BRS.0b013e31821fd4b1.
175. Simkin PA. Simian stance: a sign of spinal stenosis. *Lancet* 1982;2:652-3.
176. Sinikallio S, Aalto T, Airaksinen O, et al. Lumbar spinal stenosis patients are satisfied with short-term results of surgery - younger age, symptom severity, disability and depression decrease satisfaction. *Disabil Rehabil* 2007;29:537-44.
177. Slati P, Malmivaara A, Heliovaara M, et al. Long-term results of surgery for lumbar spinal stenosis: a randomised controlled trial. *Eur Spine J* 2011;20:1174-81. doi:10.007/s00586-010-1652-y.
178. Sobottke R, Aghayev E, Roder C, Eysel P, Delank SK, Zweig T. Predictors of surgical, general and follow-up complications in lumbar spinal stenosis relative to patient age as emerged from the Spine Tango Registry. *Eur Spine J* 2012;21:411-7. doi: 10.1007/s00586-011-2016-y.
179. Spivak JM. Degenerative lumbar spinal stenosis. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80:1053-66.
180. Spetzger U, Bertalanffy H, Reinges MH, Gilsbach JM. Unilateral laminotomy for bilateral decompression of lumbar spinal stenosis. Part II: Clinical experiences. *Acta Neurochir (Wien)* 1997;139:397-403.
181. Strojnik T. Measurement of the lateral recess angle as a possible alternative for evaluation of the lateral recess stenosis on a CT scan. *Wien Klin Wochenschr* 2001;113:53-8.
182. Stromqvist F, Jonsson B, Stromqvist B. Dural lesions in decompression for lumbar spinal stenosis: incidence, risk factors and effect on outcome. *Eur Spine J* 2012;21:825-8. doi: 10.1007/s00586-011-2101-2.
183. Tanaka N, Nakanishi K, Kamei N, Kamei N, Yamamoto R, et al. Clinical results of microsurgical bilateral decompression via unilateral approach for lumbar canal stenosis with multiple-level involvement. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2015 Jul; 25 Suppl 1:S191-8. doi: 10.1007/s00590-014-1532-y.
184. Taylor VM, Deyo RA, Ciol M, et al. Patient-oriented outcomes from low back surgery: a community-based study. *Spine (Phila Pa 1976)*;25:2445-52.

185. Teske W, Zirke S, Nottenkamper J, et al. Anatomical and surgical study of volume determination of the anterolateral epidural space nerve root L5/S1 under the aspect of epidural perineural injection in minimal invasive treatment of lumbar nerve root compression. *Eur Spine J*. 2011 Apr;20(4):537-41. doi: 10.1007/s00586-010-1497-4.
186. Theodoridis T, Kramer J, Kleinert H. [Conservative treatment of lumbar spinal stenosis--a review]. *Z Orthop Unfall* 2008;146:75-9. doi: 10.1055/s-2007-989394.
187. Thome C, Zevgaridis D, Leheta O, et al. Outcome after less-invasive decompression of lumbar spinal stenosis: a randomized comparison of unilateral laminotomy, bilateral laminotomy, and laminectomy. *J Neurosurg Spine* 2005;3:129-41.
188. Thome C, Borm W, Meyer F. Degenerative lumbar spinal stenosis: current strategies in diagnosis and treatment. *Dtsch Arztebl Int* 2008;105:373-9. doi: 10.3238/arztebl.2008.0373.
189. Tomkins-Lane CC, Quint D, Gabriel S, Melloh M, Haig AJ. The nerve root sedimentation sign for the diagnosis of lumbar spinal stenosis: Reliability, sensitivity and specificity. *Spine* 1976;21:21.
190. Torsten S. Trends und regionale Unterschiede in der Inanspruchnahme von Wirbelsäulenoperationen. Schattauer 2012;2013.
191. Tosteson AN, Tosteson TD, Lurie JD, et al. Comparative effectiveness evidence from the spine patient outcomes research trial: surgical versus nonoperative care for spinal stenosis, degenerative spondylolisthesis, and intervertebral disc herniation. *Spine (Phila Pa 1976)*;36:2061-8. doi: 10.1097/BRS.0b013e318235457b.
192. Tran de QH, Duong S, Finlayson RJ. Lumbar spinal stenosis: a brief review of the nonsurgical management. *Can J Anaesth* 2010;57:694-703. doi: 10.1007/s12630-010-9315-3.
193. Turner JA, Ersek M Fau - Herron L, Herron L Fau - Deyo R, Deyo R. Surgery for lumbar spinal stenosis. Attempted meta-analysis of the literature. *Spine (Phila Pa 1976)*.1992 Jan;17(1):1-8.
194. Veeravagu A, Patil CG, Lad SP, Boakye M. Risk factors for postoperative spinal wound infections after spinal decompression and fusion surgeries. *Spine (Phila Pa 1976)*;34:1869-72. doi: 10.097/BRS.0b013e3181adc989.
195. Verbiest H. [Primary stenosis of the lumbar spinal canal in adults, a new syndrome]. *Ned Tijdschr Geneesk* 1950;94:2415-33.

196. Verbiest H. Results of surgical treatment of idiopathic developmental stenosis of the lumbar vertebral canal. A review of twenty-seven years' experience. *J Bone Joint Surg Br* 1977;59:181-8.
197. Vitzthum HE, Konig A, Seifert V. Dynamic examination of the lumbar spine by using vertical, open magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 2000;93:58-64.
198. Weber C, Giannadakis C Fau - Rao V, Rao V Fau - Jakola AS, et al. Is there an Association Between Radiological Severity of Lumbar Spinal Stenosis and Disability, Pain, or Surgical Outcome?: A Multicenter Observational Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Jan; 41(2):E78-83. doi: 10.1097/BRS.0000000000001166.
199. Weiner BK, Walker M, Brower RS, McCulloch JA. Microdecompression for lumbar spinal canal stenosis. *Spine (Phila Pa 1976)*;24:2268-72.
200. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, et al. Surgical versus nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis four-year results of the Spine Patient Outcomes Research Trial. *Spine (Phila Pa 1976)*;35:1329-38. doi: 10.097/BRS.0b013e3181e0f04d.
201. Weinstein PR. Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis. *Clin Neurosurg* 1983;30:677-97.
202. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, et al. Surgical versus nonsurgical therapy for lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med* 2008;358:794-810. doi: 10.1056/NEJMoa0707136.
203. Wiesinger GF, Nuhr M, Quittan M, Ebenbichler G, Wolfl G, Fialka-Moser V. Cross-cultural adaptation of the Roland-Morris questionnaire for German-speaking patients with low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*;24:1099-103.
204. Wu AM, Zhou Y, Li QL, et al. Interspinous spacer versus traditional decompressive surgery for lumbar spinal stenosis: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014 May 8;9(5):e97142. doi: 10.1371/journal.pone.0097142.
205. Xu YQ, Zhang Zh Fau - Zheng Y-F, Zheng Yf Fau - Feng S-Q, Feng SQ. MicroRNA-221 regulates hypertrophy of ligamentum flavum in lumbar spinal stenosis by targeting TIMP-2. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016 Feb;41(4):275-82. doi: 10.1097/BRS.0000000000001226.
206. Yang JC, Kim SG, Kim TW, Park KH. Analysis of factors contributing to postoperative spinal instability after lumbar decompression for spinal stenosis. *Korean J Spine*. 2013 Sep; 10 (3): 149-54. doi: 10.14245/kjs.2013.10.3.149.
207. Yayama T, Baba H, Furusawa N, et al. Pathogenesis of calcium crystal deposition in the ligamentum flavum correlates with lumbar spinal canal stenosis. *Clin Exp Rheumatol* 2005;23:637-43.

208. Young S, Veerapen R, O'Laoire SA. Relief of lumbar canal stenosis using multilevel subarticular fenestrations as an alternative to wide laminectomy: preliminary report. *Neurosurgery* 1988;23:628-33.
209. Yukawa Y, Lenke LG, Tenhula J, Bridwell KH, Riew KD, Blanke K. A comprehensive study of patients with surgically treated lumbar spinal stenosis with neurogenic claudication. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84-A:1954-9.
210. Zanolli G, Stromqvist B, Jonsson B. Visual analog scales for interpretation of back and leg pain intensity in patients operated for degenerative lumbar spine disorders. *Spine (Phila Pa 1976)*;26:2375-80).
211. Zhang K, Sun W, Liu XY, et al. Hypertrophy and Fibrosis of the Ligamentum Flavum in Lumbar Spinal Stenosis is Associated with Increased Expression of LPA and LPAR1. *J Spinal Disord Tech* 2013;15:15.
212. Zingg OPB, Norbert Boos. Lumbar Spinal Stenosis. In: Springer. *Spinal Disorders*. Berlin. Heidelberg. pp 513-537. 2008. doi:10.1007/978-3-540-69091-7_19

Anhang

Abbildungsverzeichnis

- Fig. 1: Ein normaler Wirbelkörper
 Fig. 2: Bewegungssegment nach Junghanns
 Fig. 3: Der Spinalkanal
 Fig. 4: Die Operationsmethoden bei Spinalkanalstenose
 Fig. 5: Studienablauf

Graphikverzeichnis

- Graph 1: Nichtteilnehmer
 Graph 2: Teilnehmer
 Graph 3: Geschlechterverteilung
 Graph 4: Altersverteilung
 Graph 5: Body Mass Index präoperativ
 Graph 6: ASA- Score
 Graph 7: Auftreten von Komplikation
 Graph 8: Komplikationsverteilung
 Graph 9: Punktwertvergleich Roland Morrison Score prä-und postoperativ
 Graph 10: Prozentpunktvergleich Oswestry Disability Score prä-und postoperativ
 Graph 11: Gehstreckenvergleich präoperativ
 Graph 12: Gehstreckenvergleich postoperativ
 Graph 13: Punktwertvergleich Visuelle Analog Skala rechtes Bein prä-und postoperativ

- Graph 14: Punktwertvergleich Visuelle Analog Skala linkes Bein prä-und postoperativ
 Graph 15: Punktwertvergleich Visuelle Analog Skala Rücken prä-und postoperativ
 Graph 16: Prozentwert Gesamtscore
 Graph 17: Prozentwert Zufriedenheit mit der Operation

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Strukturelle Veränderungen
 Tabelle 2: Primäre Faktoren der Spinalkanalstenose
 Tabelle 3: Sekundäre Faktoren der Spinalkanalstenose
 Tabelle 4: Einteilung in absolute und relative Spinalkanalstenose
 Tabelle 5: Übergeordnete Einteilung lumbale Spinalkanalstenose
 Tabelle 6: Radiologische Kriterien
 Tabelle 7: Spinalkanalstenose Operationsmethoden
 Tabelle 8: Schweregrad Oswestry Disability Score
 Tabelle 9: Soziodemographische Daten
 Tabelle 10: Gruppe 1: Vergleich präoperativer und postoperativer Scores
 Tabelle 11: Gruppe 2: Vergleich präoperativer und postoperativer Scores
 Tabelle 12: Literatur Vergleich Operationsmethoden

Abkürzungsverzeichnis

- a.p. antero- posterior
 BMI Body Mass Index
 BWS Brustwirbelsäule
 CT Computertomographie
 DLSS Degenerative lumbale Spinalkanalstenose
 HWS Halswirbelsäule
 JOA- Socre Japanese Orthopedic Association- Scores
 L1-S1 Lumbale/ -Sakrale Nervenwurzeln
 Lig. Ligamentum
 Ligg. Ligamentia
 LSS Lumbale Spinalkanalstenose
 LWS Lendenwirbelsäule
 MCID Minimal clinical important difference
 MRT Magnetresonanztomographie
 N. Nervus
 ODS Oswestry low back pain disability score
 pAVK Periphere arterielle Verschlusskrankheit
 präOp Präoperativ
 postOp Postoperativ
 Proc. Processus
 SD Standardabweichung
 VAS Visuelle Analog Skala

WHO 3- Stufen- Schema

Stufe	Medikamente
Stufe I	Nicht-Opioideanalgetika
Stufe II	Niederpotente Opioideanalgetika + Nicht-Opioideanalgetika
Stufe III	Hochpotente Opioideanalgetika + Nicht-Opioideanalgetika

Fragebogen

Vorname _____ Datum _____ 2009 Diagnose: _____
 Nachname _____ OP-Datum _____
 Geburtsdatum _____ Geschlecht W ☐ M ☐

Zeit OP bis Follow-Up Tage Zeit Erstsymptomatik bis Vorstellung NC

Beruf _____ BMI Größe ____ cm; Gewicht ____ kg

Vorerkrankungen WS: _____ Andere Vorerkrankungen: _____

<p>Vorbehandlung Krankengymnastik (o. ä.) Dauer: _____ Wochen Erfolg: <input type="checkbox"/> <i>gut</i> <input type="checkbox"/> <i>mittel</i> <input type="checkbox"/> <i>schlecht</i></p> <p>Medikamente (ohne Opiate) Dauer: _____ Wochen Erfolg: <input type="checkbox"/> <i>gut</i> <input type="checkbox"/> <i>mittel</i> <input type="checkbox"/> <i>schlecht</i></p> <p>Medikamente (mit Opiaten) Dauer: _____ Wochen Erfolg: <input type="checkbox"/> <i>gut</i> <input type="checkbox"/> <i>mittel</i> <input type="checkbox"/> <i>schlecht</i></p> <p>Stationäre Vorbehandlung Dauer: _____ Wochen Erfolg: <input type="checkbox"/> <i>gut</i> <input type="checkbox"/> <i>mittel</i> <input type="checkbox"/> <i>schlecht</i></p> <p>Vor-OP LWS Diagnose: _____ OP-Art: _____ Klinik: _____ OP-Datum: _____</p>	<p>Operation Höhe BSV ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> SOZ ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Größe U _____ Stationärer Aufenthalt <input type="text"/> Tage</p>
<p>Nachbehandlung Krankengymnastik (o. ä.) Dauer: _____ Wochen Erfolg: <input type="checkbox"/> <i>gut</i> <input type="checkbox"/> <i>mittel</i> <input type="checkbox"/> <i>schlecht</i></p> <p>Medikamente (ohne Opiate) Dauer: _____ Wochen Erfolg: <input type="checkbox"/> <i>gut</i> <input type="checkbox"/> <i>mittel</i> <input type="checkbox"/> <i>schlecht</i></p> <p>Medikamente (mit Opiaten) Dauer: _____ Wochen Erfolg: <input type="checkbox"/> <i>gut</i> <input type="checkbox"/> <i>mittel</i> <input type="checkbox"/> <i>schlecht</i></p> <p><i>Erneute stationäre Nachbehandlung</i> Dauer: _____ Wochen Erfolg: <input type="checkbox"/> <i>gut</i> <input type="checkbox"/> <i>mittel</i> <input type="checkbox"/> <i>schlecht</i></p>	<p>Komplikationen Intraoperativ: _____ Wundheilungsstörungen <input type="checkbox"/> oberflächlich <input type="checkbox"/> tief <input type="checkbox"/> Revisions-OP wegen Wundheilungsstörung notwendig <input type="checkbox"/> Serombildung Implantatversagen (incl. Lockerung) <input type="checkbox"/> direkt in die stationäre Reha Sonstiges _____</p>
	<p>Entlassungsart <input type="checkbox"/> nach Hause <input type="checkbox"/> nach Hause mit ambulanter Reha <input type="checkbox"/> nach Hause und anschließende in die stationäre Reha <input type="checkbox"/> direkt in die stationäre Reha <input type="checkbox"/> Verlegung in ein anderes Krankenhaus <input type="checkbox"/> mit Orthese <input type="checkbox"/> ohne Orthese</p>

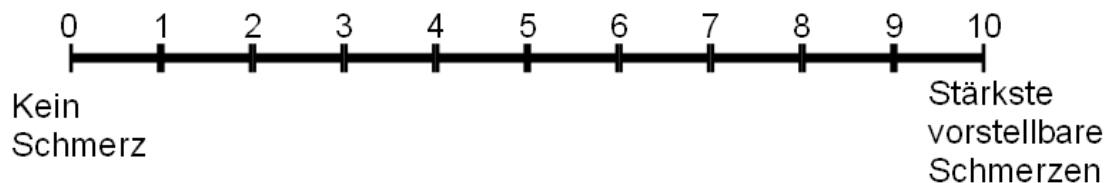
n.d. = nicht dokumentiert

	Präoperativ	Postoperativ
Rückenschmerz VAS (0-10)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> häufig <input type="checkbox"/> gelegentlich <input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> häufig <input type="checkbox"/> gelegentlich <input type="checkbox"/> selten
	<input type="checkbox"/> in Ruhe <input type="checkbox"/> bei Belastung	<input type="checkbox"/> in Ruhe <input type="checkbox"/> bei Belastung
Beinschmerz VAS (0-10)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> häufig <input type="checkbox"/> gelegentlich <input type="checkbox"/> selten	<input type="checkbox"/> häufig <input type="checkbox"/> gelegentlich <input type="checkbox"/> selten
	<input type="checkbox"/> in Ruhe <input type="checkbox"/> bei Belastung	<input type="checkbox"/> in Ruhe <input type="checkbox"/> bei Belastung
ISG-Schmerzen	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Motorische Defizite (0-5)	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja
Kennmuskel:		
Reflexe (0-4)	PSR <input type="checkbox"/> TPR <input type="checkbox"/> ASR <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sensibles Defizit	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja
Dermatom:		

	Präoperativ	Postoperativ
Reklinationsschmerz	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja
FBA in cm	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3-Stufen-HET +/-	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
- Hüftgelenk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- ISG (Menell)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- LWS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lasègue +/-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Psoas-Zeichen +/-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Claudicatio spinalis	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja
freie Gehstrecke >1000; >500; >100; <100m	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1. Wie zufrieden sind Sie mit dem Ergebnis Ihrer Operation?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	gar nicht zufrieden										sehr zufrieden
2. Würden Sie sich heute nochmals für die Operation entscheiden oder Sie einem guten Freund empfehlen?											Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>
3. Hat sich Ihre Lebensqualität durch die Operation verbessert?											Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/>

VAS- Schmerzskala



ODS

Abschnitt zu beantworten. Kreuzen Sie in jedem Abschnitt nur die Aussage an, die Sie heute am besten beschreibt.

Abschnitt 1: Schmerzstärke

- ☐ 0 Ich habe momentan keine Schmerzen
- ☐ 1 Die Schmerzen sind momentan sehr schwach
- ☐ 2 Die Schmerzen sind momentan mäßig
- ☐ 3 Die Schmerzen sind momentan ziemlich stark
- ☐ 4 Die Schmerzen sind momentan sehr stark
- ☐ 5 Die Schmerzen sind momentan so schlimm wie nur vorstellbar

Abschnitt 2: Körperpflege (Waschen, Anziehen etc.)

- ☐ 0 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden
- ☐ 1 Ich kann meine Körperpflege normal durchführen, aber es ist schmerzhaft
- ☐ 2 Meine Körperpflege durchzuführen ist schmerzhaft, und ich bin langsam und vorsichtig
- ☐ 3 Ich brauche bei der Körperpflege etwas Hilfe, bewältige das meiste aber selbst
- ☐ 4 Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Aspekten der Körperpflege

☐ 5 Ich kann mich nicht selbst anziehen, wasche mich mit Mühe und bleibe im Bett

Abschnitt 3: Heben

- ☐ 0 Ich kann schwere Gegenstände heben, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden
- ☐ 1 Ich kann schwere Gegenstände heben, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- ☐ 2 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden zu heben, aber es geht, wenn sie geeignet stehen (z.B. auf einem Tisch)
- ☐ 3 Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände zu heben, aber ich kann leichte bis mittelschwere Gegenstände heben, wenn sie geeignet stehen
- ☐ 4 Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben
- ☐ 5 Ich kann überhaupt nichts heben oder tragen

Abschnitt 4: Gehen

- ☐ 0 Schmerzen hindern mich nicht daran, so weit zu gehen, wie ich möchte
- ☐ 1 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 1-2 km zu gehen
- ☐ 2 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 0.5 km zu gehen
- ☐ 3 Schmerzen hindern mich daran, mehr als 100 m zu gehen
- ☐ 4 Ich kann nur mit einem Stock oder Krücken gehen
- ☐ 5 Ich bin die meiste Zeit im Bett und muss mich zur Toilette schleppen

Abschnitt 5: Sitzen

- ☐ 0 Ich kann auf jedem Stuhl so lange sitzen wie ich möchte
- ☐ 1 Ich kann auf meinem Lieblingsstuhl so lange sitzen wie ich möchte
- ☐ 2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu sitzen
- ☐ 3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu sitzen
- ☐ 4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu sitzen
- ☐ 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu sitzen

Abschnitt 6: Stehen

- ☐ 0 Ich kann so lange stehen wie ich möchte, ohne dass die Schmerzen dadurch stärker werden
- ☐ 1 Ich kann so lange stehen wie ich möchte, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- ☐ 2 Schmerzen hindern mich daran, länger als 1 Stunde zu stehen
- ☐ 3 Schmerzen hindern mich daran, länger als eine halbe Stunde zu stehen
- ☐ 4 Schmerzen hindern mich daran, länger als 10 Minuten zu stehen
- ☐ 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu stehen

Abschnitt 7: Schlafen

- ☐ 0 Mein Schlaf ist nie durch Schmerzen gestört
- ☐ 1 Mein Schlaf ist gelegentlich durch Schmerzen gestört
- ☐ 2 Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 6 Stunden
- ☐ 3 Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 4 Stunden
- ☐ 4 Ich schlafe auf Grund von Schmerzen weniger als 2 Stunden
- ☐ 5 Schmerzen hindern mich daran, überhaupt zu schlafen

Abschnitt 8: Sexualleben (falls zutreffend)

- ☐ 0 Mein Sexualleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker
- ☐ 1 Mein Sexualleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- ☐ 2 Mein Sexualleben ist nahezu normal, aber sehr schmerzhaft
- ☐ 3 Mein Sexualleben ist durch Schmerzen stark eingeschränkt
- ☐ 4 Ich habe auf Grund von Schmerzen fast kein Sexualleben
- ☐ 5 Schmerzen verhindern jegliches Sexualleben

Abschnitt 9: Sozialleben

- ☐ 0 Mein Sozialleben ist normal, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker
- ☐ 1 Mein Sozialleben ist normal, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- ☐ 2 Schmerzen haben keinen wesentlichen Einfluss auf mein Sozialleben, außer dass meine eher aktiven Interessen, z.B. Sport einschränken
- ☐ 3 Schmerzen schränken mein Sozialleben ein, und ich gehe nicht mehr so oft aus
- ☐ 4 Schmerzen schränken mein Sozialleben auf mein Zuhause ein
- ☐ 5 Ich habe auf Grund von Schmerzen kein Sozialleben

Abschnitt 10: Reisen

- ☐ 0 Ich kann überallhin reisen, und die Schmerzen werden dadurch nicht stärker
- ☐ 1 Ich kann überallhin reisen, aber die Schmerzen werden dadurch stärker
- ☐ 2 Trotz starker Schmerzen kann ich länger als 2 Stunden unterwegs sein
- ☐ 3 Ich kann auf Grund von Schmerzen höchstens 1 Stunde unterwegs sein
- ☐ 4 Ich kann auf Grund von Schmerzen nur kurze notwendige Fahrten unter 30 Minuten machen
- ☐ 5 Schmerzen hindern mich daran, Fahrten zu machen, außer zur medizinischen

RMS

Bitte denken Sie daran, nur die Sätze anzukreuzen, von denen Sie sicher sind, dass sie Ihre Situation heute beschreiben.

- ☐ 01 Wegen meiner Rückenschmerzen bleibe ich den größten Teil des Tages zu Hause.
- ☐ 02 Ich wechsle häufig meine Körperhaltung, um meinen Rücken zu entlasten.
- ☐ 03 Ich gehe wegen meiner Rückenschmerzen langsamer als sonst.
- ☐ 04 Wegen meiner Rückenschmerzen erledige ich keine der Arbeiten, die ich sonst im Haushalt erledige.
- ☐ 05 Wegen meiner Rückenschmerzen halte ich mich beim Treppensteigen am Geländer fest.
- ☐ 06 Wegen meiner Rückenschmerzen lege ich mich häufiger als sonst zum Ausruhen hin.
- ☐ 07 Wegen meiner Rückenschmerzen muss ich mich an etwas abstützen, um aus einem Polstersessel hochzukommen.
- ☐ 08 Wegen meiner Rückenschmerzen bitte ich andere Menschen, etwas für mich zu erledigen.
- ☐ 09 Wegen meiner Rückenschmerzen brauche ich zum Ankleiden länger als sonst.
- ☐ 10 Wegen meiner Rückenschmerzen achte ich darauf, nur kurze Zeit zu stehen.
- ☐ 11 Wegen meiner Rückenschmerzen achte ich darauf, mich so wenig wie möglich zu bücken oder niederzuknien.

- _12 Wegen meiner Rückenschmerzen fällt es mir schwer, von einem Stuhl aufzustehen.
- _13 Ich leide den größten Teil des Tages/der Nacht unter Rückenschmerzen.
- _14 Meine Rückenschmerzen erschweren mir das Umdrehen im Bett.
- _15 Wegen meiner Rückenschmerzen ist mein Appetit nicht besonders gut.
- _16 Wegen meiner Rückenschmerzen habe ich Probleme beim Anziehen von Socken (oder Strümpfen/Strumpfhosen).
- _17 Wegen meiner Rückenschmerzen gehe ich nur kurze Strecken.
- _18 Wegen meiner Rückenschmerzen schlafe ich weniger als sonst.
- _19 Wegen meiner Rückenschmerzen brauche ich beim Ankleiden Hilfe.
- _20 Wegen meiner Rückenschmerzen verbringe ich den größten Teil des Tages sitzend.
- _21 Wegen meiner Rückenschmerzen versuche ich, schwere Arbeiten im Haushalt zu vermeiden.
- _22 Wegen meiner Rückenschmerzen bin ich reizbarer und überrauniger als sonst.
- _23 Wegen meiner Rückenschmerzen gehe ich Treppen langsamer hinauf als sonst.
- _24 Wegen meiner Rückenschmerzen verbringe ich den größten Teil des Tages im Bett.

Verzeichnis der akademischen Lehrer

"Meine akademischen Lehrer waren Damen/Herren in Hamburg Blankenberg, Blessmann, Bokemeyer, Eschenhagen, Feddersen, Fleischer, Gerloff, Gruhlich, Guse, Hecher, Izbicki, Klemm, Kluge, Knecht, Löwe, Lohse, Mayr, Moll, Nashan, Pflug, Püschel, Reichenspurner, Reinshagen, Riedel, Rütter, Rune, Sauter, Schmiedebach, Schuhmacher, Stahl, von dem Knesebeck, Wegscheider, Westphal, Zöllner.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Stefan Endres, dem Team des Wirbelsäulenzentrums Marburg, dem Zentrum für Medizinische Epidemiologie und Biometrie Hamburg/Eppendorf, insbesondere Frau Daubmann, Maren Leinbach, natürlich meinen Eltern und am wichtigsten meinem Ehemann Samuel J. Waldron für seine Unterstützung und Geduld.